

16+

ISSN 2077-6322

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В. Н. ТАТИЩЕВА

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2023. № 3 (90)

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);

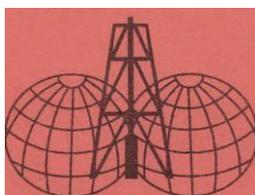
1.6.12 — Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки);

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. № 3 (90)

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;

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

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

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

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

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

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

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

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

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;

Шагин Сергей Иванович, д-р геогр. наук, начальник УНИИД Кабардино-Балкарского государственного университета имени 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 географии, картографии и геологии Астраханского государственного университета имени В. Н. Татищева (*ответственный секретарь*).

Журнал основан в январе 2001 года

Журнал выходит 4 раза в год

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

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

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

ISSN 2077-6322

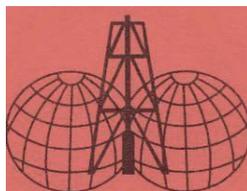
ASTRAKHAN TATISHCHEV STATE UNIVERSITY

**GEOLOGY, GEOGRAPHY
AND GLOBAL ENERGY**

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

2023. No 3 (90)

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 3 (90)

Editor Council:

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

Deputy Council Editor:

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

Editorial Board:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Published since 2001

The journal is published four times a year

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

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

© Astrakhan Tatishchev State University, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Борискина Н. Г.

Сравнительные особенности размещения рудных месторождений на сопредельных территориях России и Китая в Приамурье 9

Глебова Л. В., Моторова К. А., Григорьева М. С.

Особенности отличия и сходства состава и строения верхнемелового Анапского флиша и Крымского флиша таврической серии 18

Леонтьева Т. В., Куделина И. В.

Особенности строения и распространения среднедевонских брахиопод Оренбуржья 26

ГИДРОГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Попков В. И., Ларичев В. В., Попков И. В.

Гидрогеохимическая и гидродинамическая зональность триасовых нефтегазоносных структур Скифско-Туранской платформы 33

Ушиццева Л. Ф., Махмудова В. Э., Ярославцев И. О.

Гидрогеологические условия верхней гидродинамической зоны юго-западной части Прикаспия 41

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

Аджиев А. Х., Шагин С. И., Керефова З. М., Дахова О. О.

Плотность распределения грозовых разрядов по Северо-Кавказскому федеральному округу 55

Левыкин С. В., Казачков Г. В., Яковлев И. Г.

К развитию целинного пространства: факторы, закономерности, контрасты, осцилляция 61

Хучунаев Б. М., Шагин С. И., Дахова О. О., Керефова З. М., Паштова Л. Р.

Оценка состояния лесных экосистем Кабардино-Балкарской Республики 68

ГЕОЭКОЛОГИЯ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Бессонова Т. Н.

Уязвимость социальных систем к изменению климата: содержание и методология оценки 73

Головачев И. В., Катков Д. С.

Характеристика отложений приозёрного вала в пещере Баскунчакская 82

Закутнова В. И., Пилипенко В. Н., Григорян Л. Н., Закутнова Е. Б.

Новые аспекты в биологическом исследовании и идентификация плесневых грибов 88

Новых Л. Л., Гайденко Е. М., Новых И. Е., Родионова М. Е.

Рекреационная оценка родников 95

Петрова Д. И., Бреслер Л. Х.

Геоэкологическая безопасность водоносного нижнеказанского комплекса на территории города Казани 102

Петров Ю. В., Умаров Ш. Ш., Полушина Е. А.

Шумовое загрязнение окружающей среды жилого микрорайона «Ямальский-2» в городе Тюмени по результатам сезонного мониторинга 108

ГЕОЭКОЛОГИЯ

(ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Донцова О. Л., Панина О. В., Чипкова Д. С.

Геоэкологическая оценка оползневой опасности автомобильной дороги
в районе южного склона Главного Кавказского хребта113

Иолин М. М., Борзова А. С.

Методы и специфика проведения инженерно-геологических изысканий
на комплексных линейных сооружениях в пределах Астраханской области.....122

Мищенко К. П., Бармин А. Н., Изимова А. М., Симонова Е. В.

Анализ экологических рисков, возникающих при проведении различных видов
гидравлического разрыва пласта128

АННОТАЦИЯ.....146

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА.....152

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ153

CONTENTS

GENERAL AND REGIONAL GEOLOGY (GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

Boriskina N. G.

Comparative features of the location of ore deposits in the adjacent territories of Russia and China in the Amur region 9

Glebova L. V., Motorova K. A., Grigorieva M. S.

Features of differences and similarities in the composition and structure of the Upper Cretaceous Anapa flysch and the Crimean flysch of the Tauride series 18

Leonteva T. V., Kudelina I. V.

Features of the structure and distribution of the Middle Devonian brachiopods of Orenburg region 26

HYDROGEOLOGY

(GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

Popkov V. I., Larichev V. V., Popkov I. V.

Hydrogeochemical and hydrodynamic zonality of Triassic oil and gas bearing structures of the Scythian-Turanian platform 33

Ushivceva L. F., Makhmudova V. E., Yaroslavtsev I. O.

Hydrogeological conditions of the upper hydrodynamic zone of the southwestern part of the Caspian Sea 41

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

Adzhiev A. Kh., Shagin S. I., Kerefova Z. M., Dachova O. O.

Lightning distribution density in the North Caucasus federal district 55

Levykin S. V., Kazachkov C. V., Yakovlev I. G.

On the virgin land space development: factors, regularities, contrasts, oscillation 61

Khuchunaev B. M., Shagin S. I., Dakhova O. O., Kerefova Z. M., Pashtova L. R.

Assessment of the state of forest ecosystems in the Kabardino-Balkarian Republic 68

GEOECOLOGY

(GEOGRAPHICAL SCIENCES)

Bessonova T. N.

Vulnerability of social systems to climate change: content and methodology of the assessment 73

Golovachev I. V., Katkov D. S.

Characteristics of the deposits of the lake shaft in the Baskunchak cave 82

Zakutnova V. I., Pilipenko V. N., Grigoryan L. N., Zakutnova E. B.

New aspects in biological research and identification of mold fungi 88

Novykh L. L., Gaidenko E. M., Novykh I. E., Rodionova M. E.

Recreational assessment of springs 95

Petrova D. I., Bresler L. Kh.

Geoecological safety of the water-bearing lower Kazanian complex in the territory of the city of Kazan 102

Petrov Yu. V., Umarov Sh. Sh., Polushina E. A.

Noise pollution of the environment of the residential neighborhood "Yamalsky-2" in the city of Tyumen according to the results of seasonal monitoring 108

GEOECOLOGY

(GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

Dontsova O. L., Panina O. V., Chipkova D. S.

Geoecological assessment of the landslide hazard of a highway in the area of the southern slope of the Main Caucasian Range.....113

Iolin M. M., Borzova A. S.

Methods and specifics of geotechnical surveys at complex linear structures within the Astrakhan region.....122

Mishchenko K. P., Barmin A. N., Izimova A. M., Simonova E. V.

Analysis of environmental risks arising from various types of hydraulic fracturing.....128

ABSTRACT.....146

RULES FOR AUTHORS152

ORDER OF REVIEWING153

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 9–17.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):9–17 (In Russ.).

Научная статья
УДК 553.3/4.041
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_9

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РОССИИ И КИТАЯ В ПРИАМУРЬЕ®

Борискина Наталья Георгиевна
Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия,
boriskina2000@mail.ru

Аннотация. Фактические материалы по рудоносности Приамурья свидетельствуют об определённых различиях в металлогеническом отношении территорий право- и левобережья Амура, несмотря на сходство их геологического строения. Сопоставимыми являются протерозой-раннепалеозойские комплексы фундамента в Приамурье, где сосредоточены метаморфогенные месторождения железистых кварцитов и черносланцевые толщи с высокой концентрацией ЭПГ. Однако рудоносность перекрывающих меловых вулканогенных образований Хингано-Охотского вулcano-плутонического пояса существенно различна. О решающей роли глубинной геодинамики на размещение крупных рудных поясов и районов в земной коре над фронтальной и фланговыми границами стагнированного океанического слэба в переходной зоне мантии, а также о приуроченности месторождений к выступам пород докембрия на сопряжениях разноориентированных градиентных зон рифтогенного происхождения, глубинным разломам и вулcano-плутоническим сооружениям уже известно. Однако для прогноза новых объектов в известных рудных районах и выбора среди многих рудопроявлений наиболее перспективных необходимы дополнительные знания об особенностях размещения и структурно-геологических факторах локализации месторождений Au, W, Sn, Mo, Pb, Zn в Приамурье.

Ключевые слова: Приамурье, Россия и Китай, рудные месторождения, структурно-геологические факторы, перспективные рудные районы, контроль оруденения

Для цитирования: Борискина Н. Г. Сравнительные особенности размещения рудных месторождений на сопредельных территориях России и Китая в Приамурье // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 9–17. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_9.

COMPARATIVE FEATURES OF THE LOCATION OF ORE DEPOSITS IN THE ADJACENT TERRITORIES OF RUSSIA AND CHINA IN THE AMUR REGION

Natalia G. Boriskina
Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia
boriskina2000@mail.ru

Abstract. The actual materials on the ore content in the Amur region indicate certain metallogeny differences in the territories on the right and left banks, despite the similarity of their geological structure. Comparable are the Proterozoic-Early Paleozoic basement complexes in the Amur Region, where metamorphogenic deposits of ferruginous quartzites and black shale strata with a high PGE concentration are concentrated. However, the ore content of the overlying Cretaceous volcanogenic formations of the Xing'an-Okhotsk volcano-plutonic belt is significantly different. It is already known about decisive role of deep geodynamics in the location of large ore belts and regions in the earth's crust above the frontal and flank boundaries of a stagnant oceanic slab in the mantle transition zone, as well as about the deposits are confined to the ledges of Precambrian rocks at the junctions of differently oriented gradient zones of riftogenic origin, deep faults and volcano-plutonic structures. However, in order to predict new objects in known ore regions and to select the most promising among many ore occurrences, additional knowledge is needed about the location features and structural and geological factors of localization of Au, W, Sn, Mo, Pb, Zn deposits in the Amur region.

Keywords: the Amur region, Russia and China, ore deposits, structural and geological factors, prospectivity ore areas, mineralization control

For citation: Boriskina N. G. Comparative features of the location of ore deposits in the adjacent territories of Russia and China in the Amur region. *Geology, Geography and Global Energy.* 2023;3(90):9–17. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_9 (In Russ.).

Территория Приамурья в тектоническом отношении принадлежит Бурея-Ханкайскому орогенному поясу, состоящему из Ханкайского, Буреинского (РФ) и расположенного в КНР Цзямусинского супертеррейнов. Буреинский супертеррейн включает Туранский и Малохинганский докембрийско-раннепалеозойские террейны. Ранние из перекрывающих комплексов в них представлены девонскими и пермскими вулканогенно-осадочными породами и палеозойскими гранитами, а поздние — юрско-меловыми терригенными и эффузивно-пирокластическими отложениями Хингано-Охотского вулcano-плутонического пояса [2].

Фундамент Малохинганского террейна сложен метаморфическими образованиями, объединёнными в докембрийский гнейсово-мигматитовый (буреинский) и нижнепалеозойский сланцево-меланжевый (урильский) комплексы. Раннепалеозойский хинганский терригенно-карбонатный комплекс объединяет несколько свит, сложенных углеродистыми кремнистыми породы с прослоями гематит-магнетитовых руд, графитистых кварцитов, алевролитов, доломитов, известняков и микрозернистых фосфоритов. Образования фундамента Малохинганского террейна прорываются гранитоидами биробиджанского, представленного массивами биотитовых порфиробластовых гранитов, и бирского (двуслюдяные гнейсовидные граниты) комплексов. Оба обладают схожей олово-редкометалльной геохимической специализацией и повышенной радиоактивностью [2].

В целом Малохинганский террейн рассматривается в качестве фрагментов палеозойской окраинно-континентальной дуги, наложенной на древние аккреционные комплексы. Перекрывают террейны юрские терригенные толщи и меловые образования Хингано-Охотского вулcano-плутонического пояса. Такие же позднемезозойские комплексы распространены и на территории Китая [20].

Приамурье характеризуется повышенной насыщенностью месторождениями рудного и нерудного сырья, в т. ч. гидротермально-метасоматическими месторождениями золота (на правом берегу Амура, т. е. на территории КНР) и олова (на левом берегу Амура, т. е. в РФ), магматогенными (порфировыми) месторождениями полиметаллов, меди и молибдена (в КНР), метаморфогенными месторождениями марганца, железа (и в РФ, и в КНР), редких металлов (в РФ), а также брусита (в РФ) и других полезных ископаемых. Многие из месторождений являются крупными. К их числу относятся, например, золоторудное месторождение Туаньцзегоу (Tuanjiegou), Улага (Wulaga), расположенное в 20 км от Амура, и окружающие его меньших масштабов объекты — Пиндиншань (Pingdingshan), Дуцзяхэ (Dujiahe) (КНР), а также месторождения поменьше — Буриндинское (крупное), Пионерное и Покровское на российской территории. Крупными являются полиметалльно-железородное месторождение Тинкан (Tinkan) в КНР и Хинганское оловородное месторождение в ЕАО РФ. Здесь же в ЕАО разведываются метаморфогенные месторождения железистых кварцитов, сопровождаемые марганцевыми рудами. Они сосредоточены в бассейне левых притоков Амура — рек Бира, Биджан, Самара, Сутара и др. В районе известно 35 железородных и железо-марганцевых месторождений разного масштаба и 15 рудопроявлений. В последние годы детально разведывались Кимканское и Сутарское месторождения. Примечательно, что в рудах железо-марганцевых месторождений и в черносланцевых толщах района удалось определить не только присутствие существенных количеств элементов платиновой группы, но и обнаружить и изучить выделения платиноидов [4].

Благороднометальное оруденение в Приамурье формировалось преимущественно в мезозое в разнотипных рудогенетических системах, возникших под влиянием магматических и термофлюидных производных Северо-Азиатского суперплюма [8]. В этот период здесь функционировали магматогенные, магматогенно-гидротермальные, метаморфогенно-гидротермальные, гидротермально-осадочные и гидрогенные рудогенетические системы. Они обеспечили возникновение золотосодержащих Cu-Mo-порфирировых, Au-порфирировых, Au-скарновых, Au-сульфидно-кварцевых, Au-редкометалльных, Au-серебряных и других геолого-генетических типов месторождений.

Месторождения золота сопредельных территорий РФ и КНР в Приамурье

На левобережье Амура наибольшее число россыпей и коренных проявлений золота выявлено в зоне влияния Монголо-Охотского линеамента. В Верхнеуркинском, Джалиндинском (Соловьевском) и Уруша-Ольдойском (Сергачинском) районах сосредоточены россыпи (Большой Ольдой, Мадалан), крупные проявления (Колоктикан, Комель, Монголи, Светлое, Снежинка, Томское, Улягир и др.) и месторождения золота (Березитовое и Кировское). В Игнашинском рудно-россыпном узле известны такие рудопроявления, как Золотинка, а в Осежинском — Иликанское, Тупарковское, Ульдугичи и др. Наибольшее же число проявлений Au сосредоточено в Гонжинском рудно-россыпном районе. Южнее последнего пространственно разобщённые проявления и россыпи расположены в пределах Чагойанского узла (Епихинское, Малочуканское, Малютка и др.). На территории Среднего Приамурья в борту Амуро-Зейской депрессии россыпи

и рудопроявления размещены на площади Малохинганского района. Наиболее известным среди них является Прогнозное месторождение Нижнебуреинского рудного узла.

На правобережье Амура большое число россыпей и коренных проявлений золота выявлено в провинции Хэйлунцзян (Heilongjiang) в таких известных районах, как Мохэ (Mohe) и Тахэ (Tahe) в Аргунском (Erguna) поясе; Хума (Huma), Добаошань (Duobaoshan) и Хэйхэ (Heihe) в Большехинганском (Great Xing'an Range), а также Сюньхэ (Xunke) и Цзяин (Jiaying) в Малохинганском (Less Xing'an Range) поясах (рис. 1). Район Аргунского пояса уже давно является большим производителем россыпного золота в Китае. Недавно здесь были обнаружены и месторождения эндогенного золота [11]. Возраст золотоносных кварцевых прожилков золоторудного месторождения Шабаосы (Shabaosi) составляет $130,1 \pm 1,3$ Ма (Ag-Ag метод) [19]. Месторождения Аргунского пояса отнесены к орогенному типу (табл. 1). Они могли образоваться в посторогенных условиях после закрытия Монголо-Охотского океана в средней юре [11]. Для *Большехинганского хребта* характерно обилие позднемезозойских вулканических пород, в которых сосредоточены эпитеермальные месторождения золота Чжэнгуан (Zhengguang) и Пангкаймэн (Pangkaimen). В районе Добаошань, где в основном распространены магматические породы ордовикской островной дуги, закартирована золото-медно-молибден-порфировая минерализация, связанная с дуговым магматизмом. Возраст эпитеермальных месторождений Большехинганского хребта составляет $108,2 \pm 4,2 \dots 125,3 \pm 6,6$ Ма (U-Pb датирование цирконов), а месторождения Добаошань – $482\text{--}468$ Ма (Re-Os датирование пирита и халькопирита) и $485,6 \pm 3,7$ млн лет (Re-Os датирование молибденита) [17].

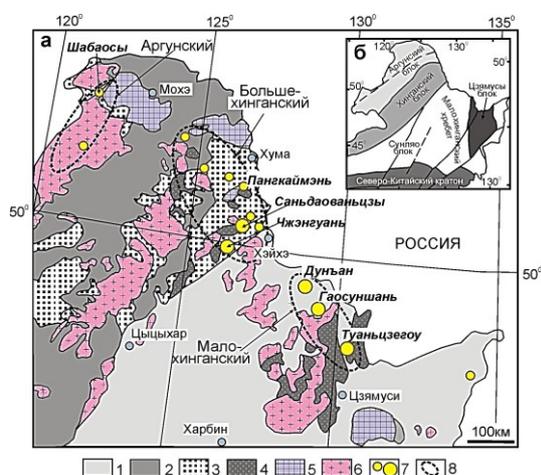


Рисунок 1 — Месторождения золота на геологической карте Северо-Восточного Китая (а) [по 9, с изм. и доп.] и схема тектонического районирования СВ Китая (б) [по данным 20 с упрощениями]: 1 — кайнозойские осадочные бассейны; 2 — мезозойские континентальные вулканические и осадочные породы; 3 — верхнепалеозойские отложения; 4 — нижнепалеозойские отложения; 5 — докембрийский фундамент; 6 — граниты мезозойского возраста; 7 — средние и крупные месторождения Au; 8 — металлогенические пояса

Золоторудный район *Малохинганского хребта* включает крупные эпитеермальные месторождения Дунъян (Dong'an), Туаньцзегоу и Пиндиншань. Рудные тела здесь в основном залегают в риолитовых лавах и в дайках риолитовых порфиров, малая часть в триасовых щелочно-полевошпатовых гранитах. На месторождении Туаньцзегоу минерализованные жилы и брекчии прорезают гранодиорит-порфир возрастом около 110 Ма [12], что может указывать на одинаковый возраст оруденения Туаньцзегоу и Дунъян, которое в свою очередь образовалось в раннемеловом периоде в процессе субдукции плиты Изаанаги [11].

Таким образом, золотоносные провинции правобережья Амура вмещают орогенные, эпитеермальные и порфировые (порфирово-эпитеермальные) месторождения золота. В пределах Аргунского пояса распространены в основном орогенные месторождения, которые, возможно, образовались в раннем мелу в посторогенной обстановке после закрытия Монголо-Охотского океана. Эпитеермальные и порфировые золоторудные месторождения встречаются в основном в поясах Большехинганского и Малохинганского хребтов. Они образовались в раннемеловое время во внутриконтинентальной обстановке в процессе субдукции плиты Изаанаги.

Таблица 1 — Краткая характеристика основных месторождений золота на правобережье р. Амур (КНР)

Месторожде-ние	Пояс	Тип	Возраст (Ma)	Метод (минерал)	Запасы, т	Содержание Au, г/т	По-пут-ные ПИ	Минералы-спутники	Гидротерм. изменения околорудных пород	Лите-ратура
Шабаси (Shabaosi)	Аргунский (Erguna)	ORG	133,1 ± 3,5	Ar-Ar (Qtz)	44	1–19,57	–	Py, Apy, Gn, Ccp, Qtz	Qtz, Ser, Kln	[18]
Пангкай-мэнь (Pangkai-men)	Большехинганский хребет (Great Xing'an Range)	EPI	108,2 ± 4,2	U-Pb (Zrn)	8,7	3–11	–	Py, Sp, Gn, Ccp	Qtz, Py	[16]
Добаошань (Duobao-shan)	Большехинганский хребет (Great Xing'an Range)	POR	485,6 ± 3,7	Re-Os (Mol)	73	0,16–0,35	Cu, Mo	Ccp, Bn, Py, Mol, Qtz, Ser	Kfs, Ser, Chl, Cal, Ep, Qtz	[22]
Чжэнгуань (Zheng-guang)	Большехинганский хребет (Great Xing'an Range)	EPI	–	–	12,3	3,49	–	Py, Sp, Gn, Ccp	Py, Qtz, Ser, Cal, Chl, Ep	[10]
Сандао-ваньцзы (Sandao-wanzi)	Большехинганский хребет (Great Xing'an Range)	EPI	125,3–116,6	U-Pb (Zrn)	18	8,03	Te	Py, Ccp, Sp, Gn, Cct	Py, Qtz, Ser, Cal, Chl, Ep	[13; 18]
Дуньян (Dong'an)	Малохинганский хребет (Less Xing'an Range)	EPI	107,2 ± 0,6	Ar-Ar (Ser)	50	3–10	Ag	Py, Gn, Ccp, Cct, Sp, Apy	Qtz, Adl, Ser	[13]
Туаньцзегу (Tuanjiegu)	Малохинганский хребет (Less Xing'an Range)	EPI	102,07 ± 0,84	U-Pb (Zrn)	30	4,01	Ag, Sb	Py, Mrc, Stt, Cin, Gn, Ccp	Kln, Qtz, Cal, Ser, Adl	[21]
Гаосуншань (Gaosongshan)	Малохинганский хребет (Less Xing'an Range)	EPI	101,6 ± 1,2	U-Pb (Zrn)	>23	6,3	Mo	Py, Ccp, Qtz, Gn, Sp, Mag, Hem	Kfs, Pl, Qtz, Bt, Cal, Ser,	[9]

Аббревиатура: ORG — орогенные, EPI — эпitherмальные, POR — порфировые, Adl: asularia, Apy: arsenopyrite, Bn: bornite, Bt: biotite, Cal: calcite, Ccp: chalcopyrite, Chl: chlorite, Cin: cinnabar, Ep: epidote, Gn: galena, Hem: hematite, Kfs: K-feldspar, Kln: kaolinite, Mag: magnetite, Mol: molybdenite, Mrc: marcasite, Pl: plagioclase, Py: pyrite, Qtz: quartz, Ser: sericite, Sp: sphalerite, Stt: stibnite, Zrn: циркон.

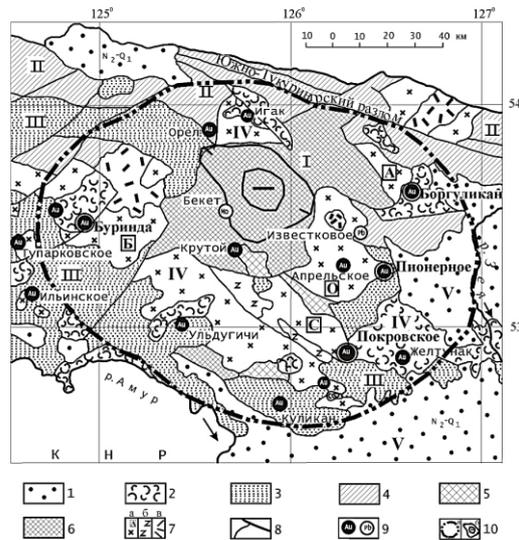


Рисунок 2 — Структурно-металлогеническая схема Гонжинского рудного района [по данным 1]: 1–7 — разновозрастные геологические комплексы (1–4 — стратифицированные: 1 — неоген-четвертичный терригенный; 2 — меловой эффузивно-пирокластический; 3 — юрский терригенный; 4 — нижне-среднепалеозойский вулканогенно-осадочный метаморфизованный, включающий одновозрастные магматические образования); 5–6 — интрузивно-метаморфические (5 — нижнепалеозойско-верхнепротерозойский; 6 — нижнепротерозойско-среднеархейский); 7 — позднемезозойские интрузивные (а — монцодиоритовый, гранодиорит-гранитный (K₁), б — граносиенит-порфировый (I₃–K₁), в — гранит-порфировый (субвулканический, K₂)); 8 — крупные разломы; 9 — месторождения и некоторые крупные рудопоявления Au и других металлов (Mo, Pb); 10 — контуры овално-купольное сооружение и изоаномала в центре отрицательных значений поля силы тяжести; I–V — главные тектонические сооружения (I — Гонжинский выступ; II — Монголо-Охотская система; III — Осежинский прогиб; IV — вулканоплутоническое обрамление (депрессии и гранитоидные массивы: А — Арбинский; Б — Буриндинский; О — Ольгинский; С — Сергеевский); V — Амуро-Зейская депрессия)

на площади Монголо-Охотской складчато-надвиговой системы, а также Станового и Аргунского микроконтинентов. Многие исследователи полагают, что активизация обусловлена воздействием подлитосферного «горячего поля» мантии и его производных в виде мантийных плюмов, один из которых возник в месте сопряжения двух крупных Монголо-Охотской и Хингано-Охотской градиентных зон поля силы тяжести [3; 7]. Уплотнённые позднеюрско-раннемеловые гранитоидные массивы (мощностью 1,0–1,5 км) обрамления Гонжинского выступа (Арбинский, Буриндинский, Сергеевский, Ольгинский и др.) по своему структурному положению между докембрийскими комплексами и юрскими осадочными толщами относятся к категории межформационных [5].

Характеризуя геологические особенности наиболее известных месторождений благородных металлов левобережья Амура, следует отметить, что золотые, золото-серебряные (Буриндинское, Пионерное, Покровское, Прогнозное и др.) и золотосодержащие медно-молибден-порфиновые (Боргуликанское, Икан и др.) месторождения обладают сходством геологических позиций. Все они размещаются в пространственной связи с экстрезивными и субвулканическими (штоки, силы, дайки) телами, с местными вулканическими центрами (палеожерловины), в эндо- и экзоконтактных (краевых) частях интрузивных массивов на сопряжении с вулканотектоническими депрессиями [6]. Для минерализованных площадей характерно наличие мощных зон гидротермально-метасоматических преобразований вмещающих пород и жильно-прожилкового, прожилково-вкрапленного и жильного оруденения, а также тел эксплозивных брекчий. Гипогенная рудная минерализация в зонах гипергенеза (вблизи поверхности) подверглась дополнительным преобразованиям, что привело к возникновению кор выветривания гидроксидов Fe, Cu, As и других элементов по первичным минералам.

Также достаточно детально изучены и большинство коренных золоторудных месторождений, расположенных на правобережье Амура. Стоит обратить внимание, что их главные характеристики во многом сходны с теми, что свойственны наиболее известным месторождениям благородных металлов левобережья Амура. Так, заметные месторождения золота на китайской территории, такие как Гулику (Guliku), Дунъан, Гаосоньшан, Пиндиншань, Гуаньцзегоу и др. также размещены в пространственной связи с крупными градиентными зонами поля силы тяжести — Хингано-Охотской, Западно-Туранской и Танлу-Дунми-Нижнеамурской (рис. 5) [15].

Определённые различия месторождений в уровне содержаний полезных компонентов, особенностях морфологии рудоносных тел и залежей, структурно-литологическом контроле оруденения, типе метасоматических преобразований пород объясняются особенностями их парагенетической связи с магматическими образованиями определённого состава. Например, для наиболее перспективных участков *Боргуликанского рудного поля* характерно наличие тел эксплозивных брекчий, мощных зон прожилково-вкрапленного (порфирового) золото-молибден-медного оруденения и гидротермально-метасоматических изменений. Вариации пород представлены: альбит-эпидот-актинолитовой, кварц-калишпат-биотитовой, кварц-серицит-хлоритовой (со спорадическим турмалином, рутилом, Fe+Mg карбонатами, кальцитом), аргиллизитовой (с каолинитом и смектитом), карбонат-цеолитовой (с флюоритом) ассоциациями. Метасоматические преобразования пород *Пионерного рудного поля* выражены ореолами слабой калишпатизации, турмалинизации, сульфидизации, пропилизации, окварцевания, аргиллизации, гидрослюдизации, карбонатизации протяжённостью в сотни и мощностью в десятки метров. В умеренно кислых вулканитах и гранитоидах *Покровского рудного поля* развиты пропилитовые изменения различной фациальной принадлежности, а также аргиллизация, фельдшпатизация, карбонатизация, сульфидизация и окварцевание. Промышленное оруденение располагается над «утолщениями» основного силла дацитов и ограничивается градиентными зонами резкого уменьшения его мощности. И вулканические, и субвулканические образования в *Буриндинском рудном поле* пропилизированы, аргиллизированы, на многих участках окварцованы и превращены в гидротермальные кварциты. Такого же типа изменения выявлены и на площади Прогнозного месторождения.

Сравнительная характеристика рудоносности право- и левобережья р. Амур

Сходство геологического строения сопредельных площадей на территориях Китая и России в Приамурье, выраженное в принадлежности к одному Буреинско-Ханкайскому орогенному поясу, в однотипности состава и возраста пород фундамента, сшивающих и перекрывающих комплексов, предполагает и их металлогеническую сопоставимость. Вместе с тем фактические материалы по рудоносности право- и левобережья Амура свидетельствуют об определённых различиях между ними в металлогеническом отношении. Так, рудоносность протерозой-раннепалеозойских комплексов фундамента в Приамурье, где сосредоточены метаморфогенные месторождения железистых кварцитов и черносланцевые толщи с высокой концентрацией ЭПГ, вполне сопоставима на обоих берегах Амура. Однако рудоносность перекрывающих меловых

вулканогенных образований Хингано-Охотского вулcano-плутонического пояса существенно различна. На левобережье Амура находится крупный Хинганский оловорудный район, известны крупные месторождения кварц-берилл-флюоритовых (Преображенское), магнетитовых руд (Гаринское), несколько средних (мелких) коренных месторождений цветных и чёрных металлов (Южно-Хинганское, Костеньгинское, Биджанское и др.), и незначительное количество в основном уже отработанных россыпей золота (на реках Сутара, Талагач, М. Бира). Однако здесь практически не выявлено рудных месторождений Au.

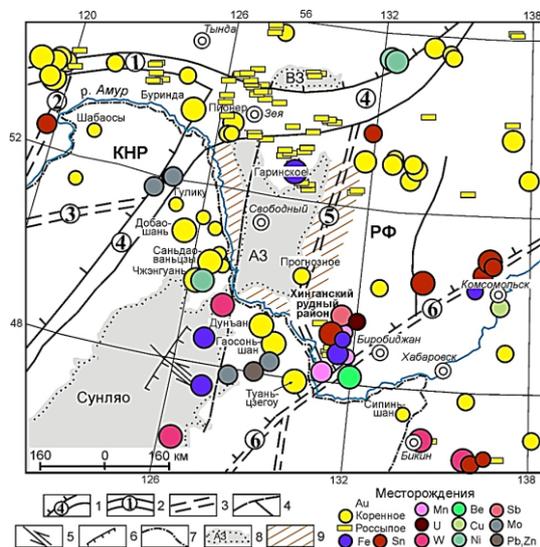


Рисунок 5 — Схема размещения месторождений рудного сырья на сопредельных территориях России и Китая в Приамурье: 1–3 — гравитационные ступени разного масштаба (1 — планетарные; 2 — глобальные; 3 — региональные); 4 — зоны аномалий поля силы тяжести; 5 — сдвиги; 6 — сбросы; 7 — госграница; 8 — вулcano-тектонические депрессии и впадины (А3 — Амурo-Зейская, В3 — Верхне-Зейская); 9 — перспективные площади. Цифрами в кружках обозначены гравитационные ступени: 1 — Монголо-Охотская; 2 — Северо-Аргунская; 3 — Синлунгоу; 4 — Хингано-Охотская (главная); 5 — Западно-Туранская и 6 — крупная Танлу-Дунни-Нижнеамурская сдвиговая зона

На правобережье р. Амур обратная ситуация. Здесь имеются несколько крупных месторождений золота (Туанцзигоу, Улага, Дуан, Пиндишань и др.), но крайне мало месторождений цветных и редких металлов, а, например, месторождений олова не выявлено совсем.

Выводы

Известно о решающем влиянии глубинной геодинамики на размещение крупных рудных поясов и районов в земной коре над фронтальной и фланговыми границами стагнированного океанического слэба в переходной зоне мантии [14], а также приуроченность месторождений к выступам пород докембрия на сопряжениях разноориентированных градиентных зон рифтогенного происхождения, глубинным разломам и вулcano-плутоническим сооружениям [6]. Тем не менее для прогноза новых объектов в известных рудных районах и выбора среди многих рудопроявлений наиболее перспективных очевидна необходимость дополнительных знаний об особенностях размещения и факторах локализации уже разведанных месторождений, а также продолжение комплексных исследований для выявления геологических, геофизических, геодинамических и минерагенических особенностей рудоносных площадей Приамурья.

Список литературы

1. Борискина Н. Г., Хомич В. Г. Структурная позиция золоторудных месторождений интрузивно-вулканогенного обрамления Гонжинского выступа докембрия (Верхнее Приамурье) // Доклады Академии наук. 2006. Т. 408, № 3. С. 366–369.
2. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / под ред. А. И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. 981 с.
3. Тектоника, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий / под ред. Г. А. Шаткова и А. С. Вольского. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2004. 192 с.
4. Ханчук А. И., Бердников Н. В., Черепанов А. А., Коновалова Н. С., Авдеев Д. В. Первые находки видимых платиноидов в черносланцевых толщах Буреинского массива (Хабаровский край и Еврейская АО) // Доклады академии наук. 2009. Т. 424, №5. С. 672–675.

5. Хомич В. Г., Борискина Н. Г. Геологическая позиция благороднометаллических месторождений интрузивно-вулканогенного обрамления Гонжинского выступа докембрия (Верхнее Приамурье) // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25, № 3. С. 53–65.
6. Хомич В. Г., Борискина Н. Г. Золотоносные площади и градиентные зоны поля силы тяжести Юго-Восточных районов России // Доклады академии наук. 2009. Т. 428, № 3. С. 371–375.
7. Ярмолюк В. В., Коваленко В. И., Иванов В. Г., Журавлев Д. З. Ангаро-Витимский батолит: к проблеме геодинамики батолитообразования в Центрально-Азиатском складчатом поясе // Геотектоника. 1997. № 5. С. 18–32.
8. Ярмолюк В. В., Коваленко В. И., Кузьмин М. И. Северо-Азиатский суперплюм в фанерозое: магматизм и глубинная геодинамика // Геотектоника. 2000. № 5. С. 3–29.
9. Chunpeng Zhanga, Ende Wang, Zhongwei Bi, Renping Han, Jun Shao, Baoshan Liu, Jiang Chen, Nanshi Zeng. Geochronology and isotope geochemistry studies of an epithermal gold deposit in the northern Lesser Khingan Range, NE China: The Gaosongshan example // Ore Geology Reviews. 2019. Vol. 105. P. 356–374. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.01.001>.
10. Deng J., Ge L. S., Yang L. Q. Tectonic dynamic system and compound orogeny: additionally discussing the temporal-spatial evolution of Sanjiang orogeny, Southwest China // Acta Petrol. Sin. 2013. Vol. 29. P. 1099–1114.
11. Deng J., Wang Q. Gold mineralization in China: Metallogenic provinces, deposit types and tectonic framework // Gondwana Research. 2016. Vol. 36. P. 219–274. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2015.10.003>.
12. Goldfarb R. J., Taylor R. D., Collins G. S., Goryachev N. A., Orlandini O. F. Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia // Gondwana Research. 2014. Vol. 25. P. 48–102. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2013.03.002>.
13. Han S. J. Research on magmatic fluids and gold mineralization of the late Mesozoic epithermal gold system in the Northern Lesser Xing'an Range. Changchun: Jilin University, 2013. 100 p.
14. Khomich V. G., Boriskina N. G., Santosh M. A geodynamic perspective of world-class gold deposits in East Asia // Gondwana Research. 2014a. Vol. 26, is. 3–4. P. 816–833. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2014.05.007>.
15. Khomich V. G., Boriskina N. G., Yang Yancheng, Yan Hongquan. Geodynamic Factors of Origination and Distribution of Major Gold-ore Districts of North-East China and South-East Russia // Acta Geologica Sinica (English Edition). 2014b. Vol. 88, supp. 2. P. 43–44. https://doi.org/10.1111/1755-6724.12367_21.
16. Li J. W., Li Z. K., Zhou M. F., Chen L., Bi S. J., Deng X. D., Qiu H. N., Cohen B., Selby D., Zhao X. F. The early Cretaceous Yangzhaiyu lode gold deposit, North China Craton: a link between Craton reactivation and gold veining // Econ. Geol. 2012. Vol. 107. P. 43–79. <https://doi.org/10.2113/econgeo.107.1.43>.
17. Liu J., Wu G., Li Y., Zhu M. T., Zhong W. Re-Os sulfide (chalcopyrite, pyrite and molybdenite) systematics and fluid inclusion study of the Duobaoshan porphyry Cu (Mo) deposit, Heilongjiang Province, China // Journal of Asian Earth Sciences. 2012. Vol. 49. P. 300–312. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2011.10.014>.
18. Liu J., Wu G., Qiu H. N., Gao D. Z., Yang X. S. 40Ar–39Ar dating of gold-bearing quartz vein from the Shabaosi gold deposit at the northern end of the great Xing'an range and its tectonic significance // Acta Geol. Sin. 2013. Vol. 87. P. 1570–1579 (in Chinese with English abstract)
19. Liu J., Wu G., Qiu H. N., Li Y. 40Ar/39Ar dating, fluid inclusions and S–Pb isotope systematics of the Shabaosi gold deposit, Heilongjiang Province, China // Geological Journal. 2014. Vol. 10. P. 1–15. <https://doi.org/10.1002/gj.2577>
20. Liu Y. J., Li W. M., Feng Z. Q., Wen Q. B., Neubauer F., Liang C. Y. A review of the Paleozoic Tectonics in the eastern part of Central Asian Orogenic Belt // Gondwana Research. 2017. Vol. 43. P. 123–148. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.03.013>.
21. Sun D. Y., Gou J., Wang T. H., Ren Y. S., Liu Y. J., Guo H. Y., Liu X. M., Hu Z. C. Geochronological and geochemical constraints on the Erguna massif basement, NE China-subduction history of the Mongol–Okhotsk oceanic crust // Int. Geol. Rev. 2013. Vol. 55. P. 1801–1816. <https://doi.org/10.1080/00206814.2013.804664>.
22. Zeng Q. D., Liu J. M., Chu S. X., Wang Y. B., Sun Y., Duan X. X., Zhou L. L., Qu W. J. Re–Os and U–Pb geochronology of the Duobaoshan porphyry Cu–Mo–(Au) deposit, northeast China, and its geological significance // Journal of Asian Earth Sciences. 2014. Vol. 79. P. 895–909. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2013.02.007>.

References

1. Boriskina N. G., Khomich V. G. Structural position of gold ore deposits in the intrusive volcanogenic framing of the Precambrian Gonzha salient (Upper Amur region). *Doklady Earth Sciences*. 2006;408(4):526–529.
2. *Geodynamics, magmatism and metallogeny of the Russian East: in 2 books*. Ed. by A.I. Khanchuk. Vladivostok: Dalnauka; 2006:981 (In Russ.).
3. *Tectonics, Deep Structure, and Minerageny of the Amur River Region and Neighboring Areas*. Ed. by G. A. Shatkov and A. S. Volsky. St. Petersburg: VSEGEI; 2004:192 (In Russ.).
4. Khanchuk A. I., Berdnikov N. V., Cherepanov A. A., Konvalova N. S., Avdeev D. V. First finds of platinoids in black-shale sequences of the Bureya massif (Khabarovsk region and Jewish autonomous okrug). *Doklady Earth Sciences*. 2009;425(1):213–215. <https://doi.org/10.1134/S1028334X0902007X>.
5. Khomich V. G., Boriskina N. G. The geological position of precious-metal deposits of intrusive-volcanogenic framing of the Precambrian Gonzhinsky protrusion (Upper Priamurye). *Tikhookeanskaya geologiya*. 2006;25(3):53–65 (In Russ.).
6. Khomich V. G., Boriskina N. G. Relationship between the gold-bearing areas and gradient zones of the gravity field of southeastern regions of Russia. *Doklady Earth Sciences*. 2009;428(1):1100–1104. <https://doi.org/10.1134/S1028334X09070137>.

7. Yarmolyuk V. V., Kovalenko V. I., Ivanov V. G., Zhuravlev D. Z. Angara-Vitim Batholith: On the problem of geodynamics of batholith formation in the Central Asian fold belt. *Geotektonika*. 1997;5:18–32 (In Russ.).
8. Yarmolyuk V. V., Kovalenko V. I., Kuzmin M. I. North-Asian superplume in Phanerozoic: magmatism and deep-seated geodynamics. *Geotektonika*. 2000;5:3–29 (In Russ.).
9. Chunpeng Zhanga, Ende Wang, Zhongwei Bi, Renping Han, Jun Shao, Baoshan Liu, Jiang Chen, Nanshi Zeng. Geochronology and isotope geochemistry studies of an epithermal gold deposit in the northern Lesser Khingan Range, NE China: The Gaosongshan example. *Ore Geology Reviews*. 2019;105:356–374. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.01.001>.
10. Deng J., Ge L.S., Yang L.Q. Tectonic dynamic system and compound orogeny: additionally discussing the temporal – spatial evolution of Sanjiang orogeny, Southwest China. *Acta Petrol. Sin.* 2013;29:1099–1114.
11. Deng J., Wang Q. Gold mineralization in China: Metallogenic provinces, deposit types and tectonic framework. *Gondwana Research*. 2016;36: 19–274. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2015.10.003>.
12. Goldfarb R. J., Taylor R. D., Collins G. S., Goryachev N. A., Orlandini O. F. Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia. *Gondwana Research*. 2014;25:48–102. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2013.03.002>.
13. Han S. J. *Research on magmatic fluids and gold mineralization of the late Mesozoic epithermal gold system in the Northern Lesser Xing'an Range*. Changchun: Jilin University; 2013:100.
14. Khomich V. G., Boriskina N. G., Santosh M. A geodynamic perspective of world-class gold deposits in East Asia. *Gondwana Research*. 2014a;26(3–4):816–833. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2014.05.007>.
15. Khomich V. G., Boriskina N. G., Yang Yancheng, Yan Hongquan. Geodynamic Factors of Origination and Distribution of Major Gold-ore Districts of North-East China and South-East Russia. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*. 2014b;88(2):43–44. https://doi.org/10.1111/1755-6724.12367_21.
16. Li J. W., Li Z. K., Zhou M. F., Chen L., Bi S. J., Deng X. D., Qiu H. N., Cohen B., Selby D., Zhao X. F. The early Cretaceous Yangzhaiyu lode gold deposit, North China Craton: a link between Craton reactivation and gold veining. *Econ. Geol.* 2012;107:43–79. <https://doi.org/10.2113/econgeo.107.1.43>.
17. Liu J., Wu G., Li Y., Zhu M. T., Zhong W. Re–Os sulfide (chalcopyrite, pyrite and molybdenite) systematics and fluid inclusion study of the Duobaoshan porphyry Cu (Mo) deposit, Heilongjiang Province, China. *Journal of Asian Earth Sciences*. 2012;49:300–312. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2011.10.014>.
18. Liu J., Wu G., Qiu H. N., Gao D. Z., Yang X. S. 40Ar–39Ar dating of gold-bearing quartz vein from the Shabaosi gold deposit at the northern end of the great Xing'an range and its tectonic significance. *Acta Geol. Sin.* 2013;87:1570–1579.
19. Liu J., Wu G., Qiu H. N., Li Y. 40Ar/39Ar dating, fluid inclusions and S–Pb isotope systematics of the Shabaosi gold deposit, Heilongjiang Province, China. *Geological Journal*. 2014;10:1–15. <https://doi.org/10.1002/gj.2577>.
20. Liu Y. J., Li W. M., Feng Z. Q., Wen Q. B., Neubauer F., Liang C. Y. A review of the Paleozoic Tectonics in the eastern part of Central Asian Orogenic Belt. *Gondwana Research*. 2017;43:123–148. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.03.013>.
21. Sun D. Y., Gou J., Wang T. H., Ren Y. S., Liu Y. J., Guo H. Y., Liu X. M., Hu Z. C. Geochronological and geochemical constraints on the Erguna massif basement, NE China-subduction history of the Mongol–Okhotsk oceanic crust. *Int. Geol. Rev.* 2013;55:1801–1816. <https://doi.org/10.1080/00206814.2013.804664>.
22. Zeng Q. D., Liu J. M., Chu S. X., Wang Y. B., Sun Y., Duan X. X., Zhou L. L., Qu W. J. Re–Os and U–Pb geochronology of the Duobaoshan porphyry Cu–Mo–(Au) deposit, northeast China, and its geological significance. *Journal of Asian Earth Sciences*. 2014;79:895–909. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2013.02.007>.

Информация об авторах

Борискина Н. Г. – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нелинейной металлогении.

Information about the authors

Boriskina N. G. – Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Leading Researcher of the Laboratory of Noble Metals.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 21.07.2023; одобрена после рецензирования 10.08.2023; принята к публикации 21.08.2023.

The article was submitted 21.07.2023; approved after reviewing 10.08.2023; accepted for publication 21.08.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 18–25.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):18–25 (In Russ.).

Научная статья

УДК: 551.7

https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_18

ОСОБЕННОСТИ ОТЛИЧИЯ И СХОДСТВА СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ВЕРХНЕМЕЛОВОГО АНАПСКОГО ФЛИША И КРЫМСКОГО ФЛИША ТАВРИЧЕСКОЙ СЕРИИ®

Глебова Любовь Владимировна^{1✉}, Моторова Ксения Александровна², Григорьева Мария Сергеевна³

^{1, 2, 3} Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

¹ lvglebova@mail.ru ✉

² motorova.ks@yandex.ru

³ mari230401@mail.ru

Аннотация. Достаточно долгое время флиш был одной из самых загадочных формаций, побуждал споры и порождал необыкновенные гипотезы. Предполагалось даже его континентальное происхождение. Этим и подтверждается существенная роль структуры и состава флиша в геологии и геоморфологии Качинского поднятия, а также северо-восточного побережья Чёрного моря. Крымский флиш выражен толщей терригенных отложений, представленных ритмично чередующихся слоёв песчаников, алевролитов и аргиллитов. Он образует нижнюю часть мезо-кайнозойского разреза складчатого сооружения Горного Крыма. Флиш обнажён на поверхности трёх крупных антиклинальных поднятий: Южнобережном, Туакском и Качинском. Работы по исследованию флишевых формаций являются инструментом по воссозданию палеобстановки осадконакопления. Анапский флиш, в свою очередь, по строению и составу подразделяется на три части: крупнозернистую (песчаники), среднезернистую (алевролиты) и пелитовую (аргиллиты). Флишевая толща имеет ритмичное строение, образованная за счёт переслаивания продуктов схода мутьевых потоков и фоновых отложений. Флиш по своей природе является единственным примером масштабной глубоководной седиментации.

Ключевые слова: флиш, Горный Крым, Тамань, Черное море, ритм, цикл, мутьевой поток, глубоководная седиментация, ожелезнение, конкреции, слоистость, песчаник, алевролит, аргиллит, механоглифы, биоглифы, ходы илоедов, глубоководный конус выноса

Для цитирования: Глебова Л. В., Моторова К. А., Григорьева М. С. Особенности отличия и сходства состава и строения верхнемелового Анапского флиша и Крымского флиша таврической серии // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 18–25. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_18.

FEATURES OF DIFFERENCES AND SIMILARITIES IN THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF THE UPPER CRETACEOUS ANAPA FLYSCH AND THE CRIMEAN FLYSCH OF THE TAURIDE SERIES

Lyubov V. Glebova^{1✉}, Ksenia A. Motorova², Maria S. Grigorieva³

^{1, 2, 3} Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

¹ lvglebova@mail.ru ✉

² motorova.ks@yandex.ru

³ mari230401@mail.ru

Abstract. For quite a long time, flysch was one of the most mysterious formations, prompted controversy and gave rise to extraordinary hypotheses. Even its continental origin was assumed. This confirms the essential role of the structure and composition of flysch in the geology and geomorphology of the Kachin uplift, as well as the northeastern coast of the Black Sea. The Crimean flysch is expressed by the thickness of terrigenous sediments, represented by rhythmically alternating layers of sandstones, siltstones and mudstones. It forms the lower part of the Meso-Cenozoic section of the folded structure of the Mountainous Crimea. Flysch is exposed on the surface of three large anticlinal uplifts: the South Coast, Tuak and Kaczyn uplifts. Works on the study of flysch formations are a tool for recreating the paleosetting of sedimentation. Anapa flysch, in turn, is divided into three parts in structure and composition: coarse-grained (sandstones), medium-grained (siltstones) and pelitic (mudstones). The flysch stratum has a rhythmic structure, formed due to the interlayering of the products of the descent of turbidity flows and background deposits. Flysch, by its nature, is the only example of large-scale deep-sea sedimentation.

Keywords: flysch, Mountainous Crimea, Taman, Black Sea, rhythm, cycle, turbidity flow, deep-sea sedimentation, ironing, nodules, layering, sandstone, siltstone, mudstone, mechanoglyphs, bioglyphs, sludge passages, deep-sea removal cone.

For citation: Glebova L. V., Motorova K. A., Grigorieva M. S. Features of differences and similarities in the composition and structure of the Upper Cretaceous Anapa flysch and the Crimean flysch of the Tauride series. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;3(90):18–25. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_18 (In Russ.).

Флиш — серия морских осадочных образований, отличающаяся большой толщиной, чаще всего до несколько сотен метров, и характеризующаяся чередованием как минимум двух, трёх и даже четырёх-пяти слоёв основных литологических разновидностей зернистых и незернистых пород. Данные отложения образуют сочетания в определённой закономерности. Они слагают циклы, в которых гранулометрический состав частиц по мере продвижения снизу вверх уменьшается, образуя градиционную слоистость. Флиш почти не содержит органические остатки, но богат следами жизнедеятельности червей (фукоиды) и отпечатками следов, оставленных на дне предметами (механоглифы) или животными (биоглифы).

Флиш находится в процессе изучения уже более 180 лет. Термин был введён в 1827 г. швейцарским геологом Б. Штудером. Так он обозначал рыхлые, неустойчивые на склонах породы, склонные оползать и осыпаться. Они были широко развиты в Альпах и сложены тёмно-серыми сланцами и песчаниками.

Можно утверждать, что флиш является результатом седиментации, который осуществляется спазматическими, часто катастрофическими мутьевыми течениями, а также крупными подводными оползаниями и обвалами (рис. 1).

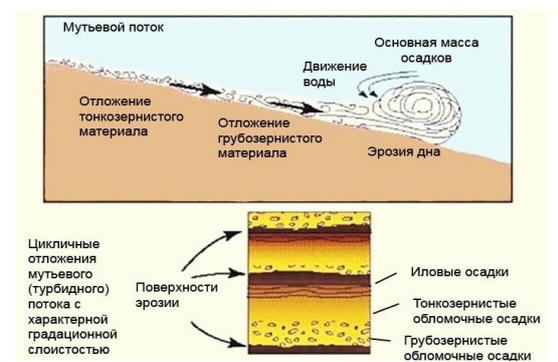


Рисунок 1 — Схема схода турбидитного (мутьевого) потока

Такие процессы имеют высокую эффективность при наличии большого объеме рыхлых масс осадочных отложений в неустойчивом состоянии и значительной глубине (сотни метров и даже несколько километров) близко расположенной области их финального накопления [3]. Перенос материала с шельфа на подножие происходит значительно интенсивнее в каньонах, прорезывающих континентальные склоны. Под действием сил гравитации рыхлые отложения могут перемещаться со скоростью более 100 км/ч, наподобие снежных лавин в горах.

Мутьевые течения проходят огромные расстояния (до нескольких тысяч километров). По мере продвижения они распадаются на слои и уменьшают скорость течения. Осаждающийся материал создаёт серии сортированных осадков с постепенно уменьшающимся размером зёрен от подошвы к кровле турбидита, образуя градиционную слоистость, являющуюся одним из главных признаков флишевых отложений (рис. 2).

В основе потока — глинистая суспензия, изменяющаяся по плотности и нагруженности песчаным или щебнистым материалом. Нижняя, наиболее насыщенная обломками часть потока перемещается вблизи дна, иногда даже не касаясь его, о чём свидетельствует ровная, без признаков выпаживания граница с подстилающим тончайшим пелитовым осадком. Однако чаще всего грязекаменный поток эродировало дно и в верхней части конуса выноса образует глубокую каньонно-образную долину. Нередко она выходит «из берегов» и создаёт высокие прирусловые валы, имеющие длину в несколько сотен километров. Но основная часть грубообломочного материала выливается в виде веера на выходе из каньона. Протяжённость этих илисто-щебнистых потоков может достигать нескольких сотен километров. Они формируют проксимальную (приближённую к устью каньона) фацию конуса выноса. Более тонкая и лёгкая песчано-илистая часть общего потока образует циклит и создаёт среднюю, самую обширную фацию конуса,

и краевую, дистальную часть. В верхней части циклита чаще всего встречается иной генетический тип отложений – фоновые, постоянно накапливающиеся, планктоногенные (карбонатные или кремнистые) осадки.

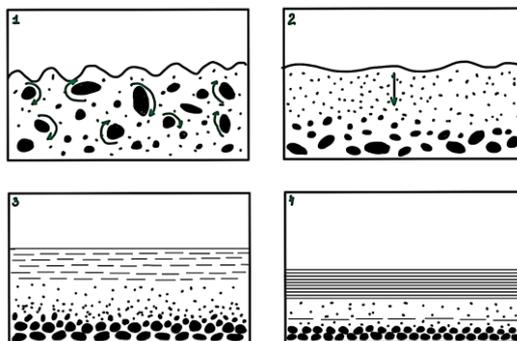


Рисунок 2 — Образование градационной слоистости во флишевых отложениях: 1 — турбидитный поток в движении и частицы разного размера взвешены в нём; 2 — поток остановился и начали опускаться более крупные частицы; 3 — в верхней части потока ещё держится глинистая «муть»; 4 — осаждение глинистой «мути». Так образуется один ритм

Чаще всего флишевый циклит имеет толщину 10–50 см, из которых 90–100 % составляет турбидит, а до 10 % — фоновый элемент [10].

Флишевые комплексы распространены достаточно широко. Рассмотрим и сравним два наиболее ярких и эталонных районов их развития: Качинское поднятие и антиклинорий Большого Кавказа.

Анапский разрез верхнемелового флиша маастрихтского яруха лихтеровской свиты находится в пределах антиклинория Большого Кавказа, а также входит в состав Новороссийского синклинория, на южном крыле Семисамской антиклинальной складки.

Лихтеровская свита выделена С. Л. Афанасьевым в 1960 г., по Щели Лихтеровская в районе г. Новороссийск. Она согласно залегает на свите Мысхако и согласно перекрывается васильевской свитой. Подошва проводится по увеличению содержания в разрезе глинистых мергелей. Свита представлена флишевым переслаиванием глинистых мергелей (0,1–0,3 до 1,0–1,5 м 50–70 %), известняков (0,1–0,4 м 10–20 %), песчаников и алевролитов (0,02–0,20 м 5–10 %), мергелей сильно известковистых (0,1–0,2 м 5–10 %), глин известковистых (0,01–0,10 м 1–2 %). Прослой мергелей глинистых 1,0–1,5 м чередуются с пакетами 0,3–1,4 м среднеритмичного переслаивания песчаников, мергелей, известняков (ритмы 0,2–0,5 м), иногда отсутствуют элементы ритмов (известняки или мергели; рис. 3).



Рисунок 3 — Ритмичное чередование слоёв анапского флиша (фото К. А. Моторовой)

Толщина от 170–250 м на востоке, до 350–420 м на западе (рис. 4).
Флишевые отложения моноклинально залегают с АзПд 30 СВ и углом падения 30–35°.



Рисунок 4 — Моноклинальное залегание анапского флиша (фото Л. В. Глебовой)

Цикличность выражена закономерным изменением повторяемости слоёв различного состава и текстурно-структурных признаков, имеющими связь с циклами седиментации и, конечно, с процессами смены обстановок осадконакопления.

Циклиты имеют толщину от нескольких сантиметров и состоят из 2–4 компонентов (циклитов). Толщина каждого ритма (цикла) в большинстве случаев уменьшается снизу вверх. На подошве нижнего циклита, в частности песчаника, встречаются разнообразные механоглифы, появляющиеся в результате размыва кратковременными мутьевыми потоками, и биоглифы вследствие жизнедеятельности ползающих по дну червей (рис. 5–7).



Рисунок 5 — Ходы илоедов, Анапский флиш (фото Л. В. Глебовой)



Рисунок 6 — Следы жизнедеятельности червей (биоглифы), Анапа (фото К. А. Моторовой)



Рисунок 7 — Механоглифы в подошве песчаника (оранжевый цвет), кальцитовые жилы (синий цвет), границы слоёв в одном ритме (красный цвет; фото М. С. Григорьевой)

На отдельных участках анапского флиша встречаются горизонтальная и волнистая слоистость. Горизонтальная представляет собой чередование слоёв, примерно параллельных друг другу и плоскости напластования. Она формируется при накоплении осадка в обстановке медленного и равномерного движения водной среды или в состоянии покоя (рис. 8).



Рисунок 8 — Горизонтальная слоистость, Анапский флиш (фото К. А. Моторовой)

Волнистая слоистость небольшого масштаба часто встречается в мелкозернистых песчаниках и алевролитах, образовавшихся в прибрежно-морских, озёрных и речных обстановках в условиях волнений (симметричной формы) и течений (асимметричной формы; рис. 9).



Рисунок 9 — Волнистая слоистость, Анапский флиш (фото Л. В. Глебовой)

В разрезе верхнемелового флиша наблюдается ожелезнение пород, также встречаются лимонитовые конкреции. Часто наблюдаются трещины, выполненные кальцитом (рис. 10).

Ещё один пример отложений, ярко демонстрирующий все диагностические черты терригенного флиша, относится к таврической серии, имеющий среднетриасовый-раннеюрский возраст. Они представлены толщей ритмично-чередующихся слоёв песчаников, алевролитов и аргиллитов. Флиш входит в строение обширных участков южного побережья.



Рисунок 10 — Трещина, заполненная кальцитом, Анапа (фото М. С. Григорьевой)

Таврическая серия слагает основание Крымских гор. Таврическая серия представляет собой наиболее древние в горном Крыму, выступающие на поверхность осадочные образования, если не считать глыбы палеозойских известняков и гальки кристаллических и метаморфических пород в разновозрастных конгломератах (рис. 11).



Рисунок 11 — Обнажение пород таврической серии в овраге Яман, Крым (фото М. С. Григорьевой)

Таврическая серия почти полностью сложена терригенно-обломочными породами морского происхождения — песчаниками, алевролитами и аргиллитами, ритмично переслаивающимися друг с другом в определённом порядке. Эти породы слагают всё южное побережье Крыма, а также вскрываются между Первой и Второй грядами в бассейне рек Бельбек, Качи, Альмы и Салгира.

Комплекс пород таврической серии представлен флишем. Флишевая толща разбивается на ритмы. Каждый ритм в Крымском флише начинается с пласта песчаников, выше залегает пласт алевролитов и заканчивается ритм пластом аргиллитов. Внутри глинистых прослоев нередко встречаются отдельные прослои и конкреции глинистого сидерита (рис. 12).



Рисунок 12 — Первая надпойменная терраса р. Бельбек в районе п. Аромат, Крым, (фото М. С. Григорьевой)

Песчаный пласт вышележащего ритма располагается на аргиллитах несогласно, после не-большого размыва. На нижней поверхности песчаного слоя часто наблюдаются валики и борозды — иероглифы, образовавшиеся в результате выполнения песчаным материалом ямок и борозд на поверхности глинистого слоя или в результате механического воздействия течений (механоглифы) или жизнедеятельности донных организмов (биоглифы). Флиш может быть как трёхкомпонентным (песчаники, алевролиты и аргиллиты), так и двухкомпонентным (песчаники и аргиллиты) [5]. Отдельные пачки состоят из чередования алевролитов и аргиллитов, но не несут всех черт типичного флиша, такие толщи называются флишойдами или флишеподобными [8].

Общая высота отложений таврической серии в Крыму достигает нескольких тысяч метров (3,0–3,5 км). Толщина ритмов различна и составляет от первых сантиметров до 1 м.

Заключение

Породы таврической серии сформировались в условиях глубокого моря у подножия континентального склона в результате схода мутьевых потоков и градационной слоистости, выраженной в чередовании пачек осадков, в каждой из которых зернистость постепенно уменьшается снизу вверх. Один ритм флиша формируется в результате схода одного потока [5].

Породы таврической серии отличаются сложным строением, часто образуют мелкие подводно-оползневые складки причудливой формы. Эта особенность затрудняет установление последовательности напластования и обычно усложняет определение толщины серии.

Анапский верхнемеловой флиш формировался в нижней части глубоководного конуса выноса, о чём свидетельствуют текстурные и структурные особенности каждого циклита, слагающего цикл и имеющего яркую дифференциацию по минеральному и гранулометрическому составам. Более того, наличие карбонатных примесей в составе пород и выполнение трещин кальцитом говорит о достаточно тёплой и неглубокой обстановке осадконакопления.

Флиш сочетает в себе необычайно разнообразную информацию об истории изучения, строении региона, генезисе. Можно утверждать, что флиш является единственным примером масштабной глубоководной седиментации.

Список литературы

1. Барабошкин Е. Ю., Бондаренко Н. А., Любимова Т. В. Уникальные геологические объекты Северо-Западного Кавказа. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2012. С. 28.
2. Ботвинкина Л. Н. Методическое руководство по изучению слоистости. Москва: Недра, 1965. С. 185–189.
3. Вассоевич Н. Б. Условия образования флиша. Москва: Гостоптехиздат, 1951. С. 198.
4. Вассоевич Н. Б. Флиш и методика его изучения. Ленинград, Москва, 1948. 216 с.
5. Глебова Л. В., Меньшикова Д. С. Региональные тектонические особенности Западно-Кубанского прогиба // Геология, география и глобальная энергия. 2019. № 1 (72). С. 16–20.
6. Глебова Л. В., Лидер А. В. Региональные процессы формирования садочных комплексов Азово-Кубанского бассейна // Геология, география и глобальная энергия. 2019. № 2 (73). С. 35–39.
7. Глебова Л. В., Никора Д. И., Козлов М. В. Геоэкологические особенности гидрологических систем лиманов Таманского полуострова // Геология, география и глобальная энергия. 2021. № 4 (83). С. 26–32.
8. Комаров В. Н. Крымский флиш // Природа. 2010. № 3 (1135). С. 60–62.
9. Короновский Н. В. Общая геология. Москва: Московский гос. ун-т, 2003. 420 с.
10. Маркевич П. В. «Турбидиты» и «флиш» без пояснений – опасные термины // Вестник ДВО РАН. 2004. С. 95–105.
11. Панов Д. И., Болотов С. Н., Косоруков В. Л., Камзолкин В. А., Пикулик Е. А., Шиханов С. Е. Стратиграфия и структура таврической серии (верхний триас-лейас) Качинского поднятия юго-западного Крыма // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. геологический. 2009. Т. 84, № 5. С. 52–73.
12. Стратиграфия СССР. Меловая система / под ред. М. М. Москвина. Москва: Недра, 1987. Полутом 2. С. 326.
13. Фролов В. Т. История изучения, строение, происхождение и геологическое значение флиша // Флиш и флишоидные комплексы в различных зонах земной коры (формации и геоминералогия). Москва, 2003. С. 4–20.

References

1. Baraboshkin E. Yu., Bondarenko N. A., Lyubimova T. V. *Unique geological objects of the North-Western Caucasus*. Krasnodar: Kuban State University; 2012:28 (In Russ.).
2. Botvinkina L. N. *Methodological guide to the study of layering*. Moscow: Nedra; 1965:185–189 (In Russ.).
3. Wassoievich N. B. *Conditions of fliish education*. Moscow: Gostoptehizdat; 1951:198 (In Russ.).
4. Wassoievich N. B. *Fliish and methods of its study*. Leningrad, Moscow; 1948:216 (In Russ.).
5. Glebova L. V., Menshikova D. S. Regional tectonic features of the West Kuban trough. *Geology, Geography and Global Energy*. 2019;1(72):16–20 (In Russ.).
6. Glebova L. V., Lider A. V. Regional processes of formation of garden complexes of the Azov-Kuban basin. *Geology, Geography and Global Energy*. 2019;2(73):35–39 (In Russ.).

7. Glebova L. V., Nikora D. I., Kozlov M. V. Geoecological features of hydrological systems of estuaries of the Taman Peninsula. *Geology, Geography and Global Energy*. 2021;4(83):26–32 (In Russ.).
8. Komarov V. N. Crimean fleece. *Nature*. 2010;3(1135):60–62 (In Russ.).
9. Koronovsky N. V. *General Geology*. Moscow: Moscow State University; 2003:420 (In Russ.).
10. Markevich P. V. "Turbidites" and "flish" without explanations – dangerous terms. *Bulletin of the FEB RAS*. 2004:95–105 (In Russ.).
11. Panov D. I., Bolotov S. N., Kosorukov V. L., Kamzolkin V. A., Pikulik E. A., Shikhanov S. E. Stratigraphy and structure of the Tauric series (Upper Triassic-Leyas) of the Kachin uplift of southwestern Crimea. *Bulletin of the Moscow Society of Nature Testers. Geological department*. 2009;84(5):52–73 (In Russ.).
12. *Stratigraphy of the USSR. Chalk system*. Ed. by M. M. Moskvina. Moscow: Nedra; 1987;2:326 (In Russ.).
13. Frolov V. T. History of the study, structure, origin and geological significance of flish. *Flish and flishoid complexes in various zones of the Earth's crust (formations and geomineralogy)*. Moscow: 2003:4–20 (In Russ.).

Информация об авторах

Глебова Л. В. — кандидат геолого-минералогических наук, старший преподаватель;
Моторова К. А. — кандидат технических наук;
Григорьева М. С. — студент.

Information about the authors

Glebova L. V. — Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), senior lecturer;
Motorova K. A. — Candidate of Sciences (Technical);
Grigorieva M. 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 28.07.2023; одобрена после рецензирования 10.08.2023; принята к публикации 23.08.2023.

The article was submitted 28.07.2023; approved after reviewing 10.08.2023; accepted for publication 23.08.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 26–32.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):26–32 (In Russ.).

Научная статья
УДК: 551.311.231:552.3(470.56)
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_26

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ СРЕДНЕДЕВОНСКИХ БРАХИПОД ОРЕНБУРЖЬЯ®

Леонтьева Татьяна Васильевна^{1✉}, Куделина Инна Витальевна²
^{1,2} Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия,
¹ tvleon@mail.ru
² kudelina.inna@mail.ru

Аннотация. Исследования средне- и верхнедевонских условий осадконакопления представляют собой интерес для последующей реконструкции условий формирования осадконакопления и развития эволюции ископаемых брахиопод на примере истории образования и формирования палеобассейнов Урала. Палеозойское время Южного Урала, а именно девон и его стратиграфия, остаётся наименее изученным. Брахиоподы этого времени встречающаяся в Оренбургской области, их систематика довольно разнообразна, что позволяет использовать их в региональной корреляции. Накопленный палеонтологический материал изучен в соответствии с систематикой брахиопод, биостратиграфические исследования и корреляция проведены в соответствии с требованиями стратиграфии. Разработана детальная биостратиграфическая основа по стратиграфии брахиопод и составлению схем корреляции среднего и верхнего девона на западном склоне Южного Урала. В статье приведена детальная систематика, классификация и морфология отряда Orthida.

Ключевые слова: брахиоподы, лоффор, синус, седло, брюшная мत्वорка, спинная створка, арея
Для цитирования: Леонтьева Т. В., Куделина И. В. Особенности строения и распространения среднедевонских брахиопод Оренбуржья // *Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 26–32.* https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_26.

FEATURES OF THE STRUCTURE AND DISTRIBUTION OF THE MIDDLE DEVONIAN BRACHIOPODS OF THE ORENBURG REGION

Tatiana V. Leonteva^{1✉}, Inna V. Kudelina²
^{1,2} Orenburg State University, Orenburg, Russia
¹ tvleon@mail.ru
² kudelina.inna@mail.ru

Abstract. Studies of the Middle and Upper Devonian sedimentation conditions are of interest for the subsequent reconstruction of the conditions for the formation of sedimentation and the development of the evolution of fossil brachiopods, for example, the history of the formation and formation of paleobassins of the Urals. The Paleozoic period of the Southern Urals, namely the Devonian and its stratigraphy remains the least studied. Brachiopods of this time, their taxonomy found in the Orenburg region is quite diverse, and this allows them to be used in regional correlation. The accumulated paleontological material was studied in accordance with the systematics of brachiopods, biostratigraphic studies and correlation were carried out in accordance with the requirements of stratigraphy. A detailed biostratigraphic basis has been developed for the stratigraphy of brachiopods and the compilation of correlation schemes of the Middle and Upper Devonian on the western slope of the Southern Urals. The article provides a detailed systematics, classification and morphology of the order Orthida.

Keywords: brachiopods, lophophore, sinus, saddle, ventral flap, dorsal flap, areia

For citation: Leonteva T.V., Kudelina I.V. Features of the structure and distribution of the Middle Devonian brachiopods of Orenburg region. *Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):26–32.* https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_26 (In Russ.).

Брахиоподы в палеозойской эре были наиболее распространёнными морскими животными. Появившиеся в древних морях кембрия, брахиоподы дожили до настоящего времени, но наибольшее разнообразие они получили в девонском периоде. В настоящее время известно более 10 тыс. видов девонских брахиопод. Они детально охарактеризовывают стратиграфические девонские горизонты, имеют широкое распространение в шельфовой зоне морских бассейнов, там, где наиболее часто менялись фациальные условия. Брахиоподы найдены и изучены во всех типах геологических структур. Извлечённые из морских карбонатных, глинисто-карбонатных или вулканогенно-осадочных пород, из обнажений в карьерах твёрдых полезных

ископаемых или в кернах многих нефтяных или газоконденсатных скважин, брахиоподы легко определяются в полевых условиях и остаются одной из руководящих групп фаун древних беспозвоночных животных.

На территории Оренбургской области встречаются брахиоподы, относящиеся к следующим отрядам: Orthida, Pentamerida, Strophomenida, Productida, Rhynchonellida, Atrypida, Spiriferida, Terebratulida, Athyridida.

Материалы и методы исследований

В ходе исследований был проведён анализ фоссилий и рассмотрен материал полевых работ, использованы фондовые материалы геологических организаций и литературных источников. Методический подход предлагает изучение средне и позднедевонских брахиопод на примере отряда Orthida.

Отряд Orthida является руководящим для определения средне- и верхнедевонских отложений. Отряд относится к классу Articulata, раковины животных имеют известковое строение. Створки соединяются с помощью замка. Лофофор имеет скелетные образования, поэтому хорошо сохраняется в ископаемом состоянии. Ножка развивается из хвостового сегмента и прикреплена мускулами к обеим створкам.

Раковины животных бывают сплошными или пористыми, с простыми брахиофорами, поддерживаемыми брахиофорными пластинами или дополнительным раковинным веществом. Замочный отросток простой в виде невысокого валика, тонкой вертикальной пластинки или округлого ребра, редко может отсутствовать. Зубы и зубные пластины обычно хорошо развиты. В строении раковины выделяют спондилей или псевдоспондилей. Спондилей представляет собой приподнятую платформу для прикрепления мышц, находящаяся в середине внутреннего клапана ножки, как правило, по направлению к шарниру и клюву (рис. 1). Брахииды, которые удерживают лофофор, ресничные питающие руки, имеют петлю и присутствуют у всех представителей отряда Orthida. Дельтидий и хилидий большей частью отсутствуют. Поверхность створок ребристая, струйчатая, редко встречаются гладкие. Распространение отряда наблюдается с нижнего кембрия по верхнюю пермь.

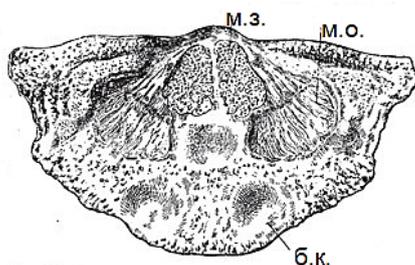


Рисунок 1 – Схема внутреннего строения брюшной створки: м. о. – место прикрепления мускулов-открывателей; м. з. – мускулов-замыкателей; б. к. – углубления, вмещающие брахиальные конусы

Рассмотрим надсемейство Enteletacea. Раковина средних размеров, длина и ширина до 2 см, толщина створок до 1 см. Преобладают пористые раковины с замочным отростком. Внутренняя часть раковины разделена срединной септой, зубные пластины расходящиеся. Брахиофоры клыккообразные поддерживаются расходящимися пластинами. В различной степени развиты фулькральные пластины, срединный валик отчётливый. Имеются отпечатки главных мантийных сосудов, состоящих из 2–3 пар параллельных ветвей. У более древних представителей семейства и молодой стадии роста раковины двояковыпуклые. У взрослых форм раковины с выпуклой спиной и вогнутой брюшной створкой. Замочный край короткий. Скульптура на поверхности раковин радиально-струйчатая или струйчато-складчатая.

Семейство Schizophoriidae Schuchert. Раковины как правило двояковыпуклые, но встречаются и выпукло-вогнутые формы. Скульптура на поверхности раковин представлена в виде рёбрышек или тонких струек. Зубные пластины расходящиеся, брахиофоры клинообразные, поддерживаются широко расходящимися пластинами. Распространение ордовик – пермь.

Под Schizophoria. Раковина как правило небольшой овальной формы, может быть вытянута немного в ширину, почти равностворчатая. Скульптура на поверхности в виде радиальных тонких ребер.

Брюшная створка может быть несколько менее вздутая, чем спинная, у некоторых экземпляров почти плоская. У переднего края брюшной створки большинство форм имеет широкую плоскую вдавленность. Спинная створка вздутая. Наибольшая вздутость находится под макушкой. Возвышение отсутствует (рис. 2).

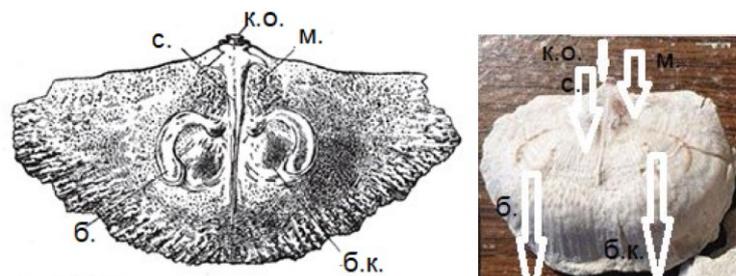


Рисунок 2 — Схема и фото внутреннего строения спинной створки: к. о. — кардинальный отросток; м. — место прикрепления мускулов; б. — брахиальные отпечатки; б. к. — брахиальные конусы; с. — срединная септа

Поверхность обеих створок покрыта многочисленными тонкими радиальными рёбрами, между двумя более крупными ребрами располагается от трёх до шести более тонких. Различие в величине рёбер резко выражено в примакушечной части, к бокам и переднему краю оно постепенно сглаживается, но у некоторых форм характер скульптуры, свойственный *Schizophoria bistrata* (Tschern.), сохраняется на всей поверхности.

На брюшной створке развиты зубные пластины, которые достаточно широко расставленные, на концах располагаются умеренно широкие зубы. На спинной створке находятся зубные ямки и септа. Брахиофорные пластины массивные, широко расходящиеся, наклонённые во внутрь раковины (рис. 1).

Распространение и возраст. Распространены в девонских породах Урала, нередко встречается в верхней части бийских слоев среднего девона.

Местонахождение. Оренбургская область, Зайкинская площадь (скв. 560, интервал 4 570–4 574 м). Известняк черный глинистый (интервал 4 574–4 579 м). Аргиллит черный. Ольховская площадь (скв. 407, интервал 3 516–3 523, 3 523–3 529, 3 550–3 556, 3 556–3 563 м). Известняк чёрный и буровато-серый.

Вид *Schizophoria striatula* (Schlotheim). Раковины представителей данного вида имеют среднюю величину поперечно вытянутые, округлённые, неравносторчатые, тонкорёбристые (рис. 3, 2).

Брюшная створка вздутая и менее выпуклая, нежели спинная. Макушка маленькая, острая, слегка загнутая. Ареа ясно ограниченная, невысокая, дельтириум большой треугольный. В передней части раковины имеется широкая, плоская вдавленность. У некоторых экземпляров она начинается примерно с середины раковины и тянется к переднему краю. У небольшого количества экземпляров у переднего края ярко выражен широкий плоский синус. Спинная створка вздутая. Макушка широкая, загнутая. Ареа низкая, вогнутая.

Поверхность раковины осложнена радиальными рёбрами. На брюшной створке насчитывается 17–18 рёбер. Концентрические знаки нарастания редкие, неравномерно расположенные и у переднего края более сближённые. На некоторых экземплярах они резко выражены, у других отсутствуют.

В брюшной створке присутствуют расходящиеся зубные пластины, имеющие достаточно широкие зубы. В спинной створке наблюдались брахиофорные пластины, зубные ямки и септа. Брахиофорные пластины массивные, широко расходящиеся, наклонённые во внутрь раковины (рис. 1).

С возрастом у молодых форм обе створки становятся одинаково выпуклыми. Вдавленность на брюшной створке отсутствует. При дальнейшем росте на брюшной створке развивается небольшая приплюснутость или синус, увеличивается вздутость спинной створки.

Распространение и возраст. *Schizophoria striatula* (Schloth.) пользуется широким географическим распространением и проходит через весь девон. Встречается в отложениях среднего и верхнего девона Западной Европы, Урала, Средней Азии. На склоне Южного Урала с запада распространена в отложениях среднего девона в бийских слоях, реже встречается в инфрадоманике (афонинские слои) и чеславских слоях. В Башкирии встречается в кальцеоловых слоях фауна встречается в большом количестве среди мергелей и сильно глинистых известняков, в которых широко распространены также ругозы, в бийских слоях нередко заключена в тёмно-серых, слегка глинистых и в серых плотных толстослоённых известняках.

В Оренбургской области встречается на площадях: Гаршинской (скв. 285); Росташинской (скв. 170 и 172); Зайкинской (скв. 560); Ольховской (скв. 407); Шуваловской 29; Дачной (скв. 10); Гавриловской (скв. 214); Константиновской (скв. 191 и 195); Октябрьской (скв. 106). Встречена в старооскольском и тиманском надгоризонте и доманиковом горизонте.



Рисунок 3 — Формы сохранности брахиопод рода *Schizophoria*:

1 — *Schizophoria bistrata* (Tschern.). Оренбургская обл.: Зайкинская площадь (скв. 560, интервалы 4 570–4 574 и 4 574–4 579 м); Ольховская площадь (скв. 407, интервалы 3 516–3 523, 3 523–3 529, 3 550–3 556 и 3 556–3 563 м). 20.02.1986; Рыбинская площадь (скв. 166, интервал 4 285–4 293 м). 27.08.1990. Бийский горизонт;

2 — *Schizophoria striatula* (Schloth.). Оренбургская обл.: Гаршинская площадь (скв. 285); Росташинская площадь (скв. 170, 172); Зайкинская площадь (скв. 560); Ольховская площадь (скв. 407); Шуваловская площадь (скв. 29); Дачная площадь (скв. 10); Гавриловская площадь (скв. 214); Константиновская площадь (скв. 191, 195); Октябрьская площадь (скв. 106). Встречена в старооскольском и тиманском надгоризонтах и в доманиковом горизонте;

3 — *Schizophoria samarica* Ljasch. Мирошкинская площадь (скв. 556); Покровская площадь (скв. 104, интервал 3 308–3 312 м; скв. 114, интервал 3 260–3 271 м); Новосергиевская площадь (скв. 1, интервал 4 080–4 104 м); Соболевская площадь (скв. 100, интервал 4 280–4 304 м); Живетский ярус, Муллинский горизонт;

4 — *Schizophoria uchtensis* Ljasch. Оренбургская обл.: Могутовская площадь (скв. 111, интервал 3 083,6–3 087,2 м); Росташинская площадь (скв. 172); Зайкинская площадь (скв. 560); Ольховская площадь (скв. 407). Кыновский горизонт;

5 — *Schizophoria ivanovi* Tschern. Оренбургская обл.: Покровская площадь (скв. 23, интервал 1 649,4–1 651,8 м). Кыновский горизонт;

6 — *Schizophoria iowaensis* Hall. Оренбургская обл., коллекция № 67. Саргаевский горизонт; *Schizophoria* sp. № 1. Оренбургская обл.: Зайкинская площадь (скв. 565); Мирошкинская площадь (скв. 556); Шуваловская площадь (скв. 25). Афонинский надгоризонт

Вид *Schizophoria samarica* Ljaschenko. Небольшая, округлённая, сильно вздутая, тонко-ребристая *Schizophoria* имеет достаточно короткий замочный край и малоразвитый синус.

Раковина имеет разные створки и прямой короткий замочный край. Наибольшая ширина раковины посередине. Боковые края выпуклые, передний край створки скруглённый. Брюшная створка слабовыпуклая, максимально выпуклой она становится ближе к макушке. Синус маленький, округлённо-вогнутый, развитый вблизи переднего края. Арея сравнительно высокая, вогнутая, разделённая широким дельтирием, чётко отграниченная от боковых сторон створки. Макушка хорошо развитая, загнутая. Спинная створка вздутая. Боковые края раковины крутые, слабовыпуклые, седло, как правило, мало заметно или отсутствует. Наблюдается низко расположенная арея. Макушка массивная.

Поверхность раковины осложнена скульптурой в виде многочисленных рёбер разной толщины. Через пять – шесть тонких рёбер развито одно несколько более толстое. На 5 мм поверхности створки насчитывается примерно до 20 рёбер.

Вид распространён в отложениях муллинского горизонта живецкого яруса Русской платформой. В Оренбургской области встречается на площадях: Мирошкинской (скв. 556); Покровской (скв. 104, интервал 3 308–3 312 м; скв. 114, интервал 3 260–3 271 м); Новосергиевской (скв. 1, интервал 4 080–4 104 м); Соболевской (скв. 100, интервал 4 280–4 304 м); Живецкий ярус, Муллинский горизонт.

Вид *Schizophoria uchtensis* Ljaschenko. Раковина большого размера, скруглённая, разностворчатая с прямым коротким замочным краем, плавно переходящим в широко закруглённые боковые края. Максимальную ширину раковина имеет по центру створок. Передний край неширокий с вогнутостью в центре.

Брюшная створка слабовыпуклая, имеет наивысшую точку в области макушки, может быть плоской или вогнутой у переднебоковых краев. Макушка длинная, острая, слабозагнутая. Арея треугольная, чётко ограниченная, слабовогнутая. Длина её составляет около половины ширины раковины и равна длине замочного края, высота около 1/4 длины. Дельтирий треугольный, широкий, открытый, ширина его у основания составляет около 3/4 высоты. Синус створки широкий, нечётко выявленный, начинается от макушки, в первой половине створки мелкий, во второй — быстро углубляется и заканчивается высоким вогнутым язычком с узко-округлённым краем. Спинная створка сильно вздутая, имеет максимальное возвышение в центре раковины. Макушка массивная. Арея имеет треугольную форму и расположена достаточно низко. Иногда наблюдается невысокое узкое округлённое седло, заметное во второй части створки.

Поверхность раковины осложнена скульптурой в виде многочисленных радиальных рёбер, их число увеличивается дихотомированием и интеркаляцией. На спинной створке раковины длиной около 28 мм насчитывается около 25 рёбер. На поверхности у переднего края раковины видны 15–20, а на расстоянии от макушки — уже 18–21 рёбер. Обычно через каждые 2–4 ребра наблюдается одно более крупное, часто с продолговатыми отверстиями, расположенными через 5–6 мм друг от друга. Линии нарастания резкие, неравномерно расположенные.

На брюшной створке хорошо развит замочный аппарат, состоящий из зубных пластин и зубов. Неширокие глубокие отпечатки мускулов-открывателей, разделённые высоким широким гребнем, от которого начинается длинная, невысокая, широкая, продольная септа. В спинной створке небольшой замочный отросток, отчётливые зубные ямки и брахиофоры. Мускульное поле широкое, закруглённое, разделённое посередине. От него отходят направленные вперед васкулярные отпечатки.

Молодые экземпляры длиной 6 мм имеют плоскую раковину поперечно-овального очертания с несколько более высокой брюшной створкой без синуса и седла, с высокой, почти прямой ареей и острой слабозагнутой макушкой. С возрастом выпуклость створок меняется, более вздутой становится спинная, появляются синус и седло, макушки загibaются, раковина становится сильно вздутой. Вид распространён в Волго-Уральской области нижнефранском подъярусе, верхнетиманском подгоризонте, кыновском горизонте.

Встречается в Оренбургской области на площадях: Могутовской (скв. 111, интервал 3 083,6–3 087,2 м); Росташинской (скв. 172); Зайкинской (скв. 560); Ольховской (скв. 407).

Вид *Schizophoria ivanovi* (Tschernyshev). Раковины вида *Schizophoria ivanovi* средних размеров, округлённо-квадратная неравно-створчатая, тонкорёбристая раковина, с плоской брюшной створкой и сильно вздутой спинной, с резко выделяющимся седлом (рис. 3. 5). Замочный край прямой.

Брюшная и спинная створки от макушки к переднему краю выпуклые и постепенно переходят в плоские к переднему краю. Макушка загнутая, арея расположена по длине замочного края, треугольная, разделённая широким дельтириумом. Высота ареи составляет около 1/3 её длины. Синус расположен от макушки к переднему краю узкий. Спинная створка выпуклая с крутыми боковыми склонами и наибольшей высотой посередине длины. Макушка большая, сильно загнутая. Седло невысокое, узкое, округлённое, начинается примерно на расстоянии 1/3 длины от макушки, где оно почти незаметно и, достигая переднего края, становится чётко выраженным.

Скульптура раковины представлена тонкими радиальными рёбрами. На спинной створке раковины длиной 26–27 мм насчитывается около 180–200 рёбер.

В брюшной створке имеются удлиненные глубокие мускульные отпечатки, разделённые высоким продольным гребнем. От мускульных полей посередине раковины в продольном направлении проходит длинная невысокая срединная септа. В спинной створке хорошо развиты брахиальные и срединный замочные отростки. Мускульные отпечатки большие, неглубокие. От них по направлению к переднему краю вытянуты продольные неширокие васкулярные отпечатки. Вдоль краев раковины на внутренних сторонах обеих створок заметны короткие, часто расположенные тонкие радиальные рёбрышки. Распространены на западном склоне Урала

в нижнефранском подъярусе, кыновском горизонте. В Оренбургской области встречаются на Покровской площади (скв. 23, интервал 1 649,4–1 651,8 м).

Вид *Schizophoria iowaensis* (Hall). Раковины средних размеров, округлой формы, двояково-выпуклые, с тонкорребристой скульптурой (рис. 3. 6). Замковый край прямой. Створка брюшная слабовыпуклая, максимально приподнята около макушки. Макушка удлинённая и слегка загнутая. Арея треугольной формы на ней расположен треугольный дельтириум. Синус имеет широкий и глубокий вид, дугообразный, нечётко ограниченный, начинается почти у макушки и заканчивается у переднего края. Спинная створка вздутая, наиболее приподнятая посредине длины. Макушка длинная, слабозагнутая, арея низкая, треугольная. Седло обычно почти незаметно, но иногда вблизи переднего края бывает выражено довольно отчётливо.

Скульптура раковины осложнена радиальными ребрами, число которых увеличивается интеркаляцией и дихотомированием. Иногда, особенно во второй части раковины, на рёбрах можно наблюдать маленькие овальные отверстия. Общее число ребер около 140–190, на 5 мм поверхности, на расстоянии 15 мм от макушки насчитывается около 13–19 рёбер.

Внутреннее строение раковины. В брюшной створке хорошо развиты зубы и зубные пластины. Мускульные отпечатки глубокие, продольно-округлённые, разделённые невысоким продольным гребнем. Ниже мускульных отпечатков по направлению к переднему краю вытянута небольшая срединная септа. В спинной створке хорошо развиты брахиальные пластины и срединный замочный отросток. Мускульные отпечатки умеренно широкие, неглубокие. От них по направлению к переднему краю вытянуты продольные, неширокие васкулярные отпечатки. По краям обеих створок заметны короткие тонкие радиальные рёбрышки. Распространены в Волго-Уральской области, саргаевском горизонте.

Заключение

Таким образом, проанализировав распространение и морфологические особенности фауны средне- и верхнедевонских брахиопод отряда *Orthida* Оренбургской области, можно выявить следующие закономерности в их распространении в региональном масштабе. В целом время распространения отряда прослеживается от среднего ордовика до перми, время расцвета приходится на средний и верхний девон. Муллинский стратиграфический комплекс брахиопод характерен для территории нефтегазоносного Оренбуржья. Комплекс брахиопод Кыновского времени, так же как и Муллинский стратиграфический комплекс, характерен для нефтегазоносных районов Оренбуржья, в этих районах встречаются фоссилии схожие с Кузбасским комплексом брахиопод.

Саргаевская фауна брахиопод в целом аналогична комплексу отряда *Orthida*, характерному для территории Русской провинции и Тиманского кряжа, что приводит к предположению о едином территориальном пространии, представленном в девонское время морским бассейном. Верхнефранский и фаменский комплекс брахиопод, встречающийся в нефтегазоносных районах Оренбуржья, идентичен по своему составу комплексу брахиопод Русской платформы.

Список литературы

1. Mizens A. G. Famennian brachiopods of environs of Verkhneural'sk town, their stratigraphical and correlative significance // *Geology of the Devonian system*. Syctyvkar: Geoprint, 2002. P. 196–198.
2. Mizens A. G., Mizens L. I., Sapelnikov V. P. To the problem of the palaeontological characteristic and the time of palaeobiological event on the Frasnian / Famennian boundary // *Pan-Arctic Palaeozoic Tectonics, Evolution of Basins and Faunas* / eds.: A. Antoshkina, E. Malysheva, M. V. H. Wilson. Syctyvkar, 2000. Ichthyolith iss., Special Publication 6. P. 82–84.
3. Атлас руководящих форм ископаемых фаун СССР. Ленинград, 1947. Т. 3 : Девонская система / под. ред Д. В. Наливкина. 302 с. <https://djvu.online/file/39u5QfnqHhQ4k>.
4. Иванов К. С., Бикбаев А. З., Бороздина Т. Н., Мизенс А. Г., Мизенс Л. И. Основные проблемы фацальной и фаунистической корреляции верхнедевонских отложений Урала // *Геология Урала и сопредельных территорий*. Екатеринбург: Ин-т геол. и геохим. им. акад. А. Н. Заварицкого УрО РАН, 2007. С. 161–184.
5. Мизенс А. Г. Комплексы брахиопод из пограничных франско-фаменских отложений стратотипа барминских слоев на Южном Урале // *Ежегодник – 2006 Института геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого УрО РАН*. Екатеринбург: Ин-т геол. и геохим. им. акад. А. Н. Заварицкого УрО РАН, 2007. С. 42–50.
6. Мизенс А. Г. О седиментационных обстановках в позднедевонском бассейне Южного Урала по результатам изучения брахиопод // *Строение литосферы и геодинамика*. Иркутск: Ин-т земной коры СО РАН, 2001. С. 136–137.
7. Мизенс А. Г. Стратиграфическое значение брахиопод из барминских слоев для установления границы франского и фаменского ярусов на западном склоне Урала // *I Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов, посвященной памяти академика А. П. Карпинского*. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2009. С. 103–105.

8. Мизенс А. Г. Стратиграфическое распространение брахиопод в пограничных франско-фаменских отложениях западного склона Южного Урала // Верхний палеозой России: стратиграфия и палеогеография. Казань: Казанский гос. ун-т, 2007. С. 210–213.
9. Наливкин Д. В., Фотиева Н. Н. Брахиоподы пограничных отложений турнейского и визейского ярусов западного склона Урала. Москва: Наука, 1973. 119 с.
10. Наливкин Д. В. Брахиоподы турнейского яруса Урала. Ленинград: Наука. Ленингр. отд., 1979. 248 с.

References

1. Mizens A. G. Famennian brachiopods of environs of Verkhneural'sk town, their stratigraphical and correlative significance. *Geology of the Devonian system*. Syktyvkar: Geoprint; 2002:196–198 (In Russ.).
2. Mizens A. G., Mizens L. I., Sapelnikov V. P. To the problem of the palaeontological characteristic and the time of palaeobiological event on the Frasnian / Famennian boundary. *Pan-Arctic Palaeozoic Tectonics, Evolution of Basins and Faunas*. Ed. by A. Antoshkina, E. Malysheva, M. V. H. Wilson. Syktyvkar: 2000:82–84 (In Russ.).
3. *Atlas of guiding forms of fossil faunas of the USSR*. Leningrad: 1947:3:302 <https://djuv.online/file/39u5QfnqHhQ4k> (In Russ.).
4. Ivanov K. S., Bikbaev A. Z., Borozdina T. N., Misens A. G., Misens L. I., The main problems of facies and faunal correlation of Upper Devonian deposits of the Urals. *Geology of the Urals and adjacent territories*. Yekaterinburg: Institute of Geology and Geochemistry them. akad. A. N. Zavaritsky UrD RAS; 2007:161–184 (In Russ.).
5. Misens A. G. Brachiopod complexes from the Frasnian-Famennian boundary deposits of the Barmin strata stratotype in the Southern Urals. Yearbook – 2006 of the Institute of Geology and Geochemistry UrD RAS. Yekaterinburg: Institute of Geology and Geochemistry them. akad. A. N. Zavaritsky UrD RAS; 2007:42–50 (In Russ.).
6. Misens A. G. On sedimentation conditions in the Late Devonian basin of the Southern Urals based on the results of studying brachiopods. *Structure of the lithosphere and geodynamics*. Irkutsk: Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of the RAS; 2001:136–137 (In Russ.).
7. Misens A. G. Stratigraphic significance of brachiopods from the Barmin layers for establishing the boundary of the Frasnian and Famennian tiers on the western slope of the Urals. *1 International Scientific and Practical conference of young scientists and specialists dedicated to the memory of Academician A. P. Karpinsky*. St. Petersburg: VSEGEI; 2009:103–105 (In Russ.).
8. Misens A. G. Stratigraphic distribution of brachiopods in the Frasnian-Famennian boundary deposits of the western slope of the Southern Urals. *Upper Paleozoic of Russia: stratigraphy and paleogeography*. Kazan: Kazan State University; 2007:210–213 (In Russ.).
9. Nalivkin D. V., Fotieva N. N. *Brachiopods of boundary deposits of the Tournaisian and Visean tiers of the western slope of the Urals*. Moscow: Nauka; 1973:119 (In Russ.).
10. Nalivkin D. V. Brachiopods of the Tournaisian tier of the Urals. Leningrad: Nauka. Leningrad Branch; 1979:248 (In Russ.).

Информация об авторах

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

Information about the authors

Leonteva T. V. — Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor 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 02.09.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; принята к публикации 18.09.2023.

The article was submitted 02.09.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 18.09.2023.

ГИДРОГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Геология, география и глобальная энергия. 2023. №3 (90). С. 33–40.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):33–40 (In Russ.).

Научная статья
УДК 556.3:553.98
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_33

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ТРИАСОВЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ СТРУКТУР СКИФСКО-ТУРАНСКОЙ ПЛАТФОРМЫ[©]

Попков Василий Иванович^{1✉}, Ларичев Виталий Владимирович², Попков Иван Васильевич³
^{1, 2, 3} Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия
¹ geoskubsu@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-2959-4901>
² geoskubsu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3526-2273>
³ iv-popkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2386-6611>

Аннотация. Изучение гидрогеологических особенностей нижних структурных этажей нефтегазоносных осадочных бассейнов Скифско-Туранской платформы показало, что в отличие от перекрывающих отложений они обладают рядом характерных черт, позволяющих говорить об особых гидрогеохимических и гидродинамических условиях этих комплексов, определяемых, прежде всего, вторичным характером их фильтрационно-ёмкостных свойств. Водонасыщенность матрицы пород, очаговый характер развития вторичных коллекторов на фоне крайне низкой проницаемости окружающих толщ делают невозможным развитие элизионных потоков. Это обуславливает высокую чувствительность нижнего этажа к различным компрессионным процессам, в том числе обусловленных вторжением глубинных высокоэнергетичных флюидных потоков. Инъекция флюидов сопровождается разуплотнением низкопроницаемых толщ, образованием дополнительных трещин, формированием вторичных пустот метасоматического происхождения. В результате образуются вторичные резервуары сложной морфологии, заполняемые углеводородами. Совпадение в плане гидрогеохимических и гидродинамических аномалий, участков вторичных коллекторов с отчётливыми следами метасоматоза и связанными с ними скоплениями нефти и газа свидетельствуют об их генетической взаимосвязи. Строение резервуаров нефти и газа, а также сопутствующих им гидрогеологических аномалий рассмотрено на примере хорошо изученных триасовых месторождений углеводородов Южного Мангышлака.

Ключевые слова: триас, литология, гидрохимические и гидродинамические аномалии, глубинные флюиды, резервуары

Для цитирования: Попков В. И., Ларичев В. В., Попков И. В. Гидрогеохимическая и гидродинамическая зональность триасовых нефтегазоносных структур Скифско-Туранской платформы // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 33–40. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_33.

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

HYDROGEOCHEMICAL AND HYDRODYNAMIC ZONALITY OF TRIASSIC OIL AND GAS BEARING STRUCTURES OF THE SCYTHIAN-TURANIAN PLATFORM

Vasily I. Popkov^{1✉}, Vitaly V. Larichev², Ivan V. Popkov³
^{1, 2, 3} Kuban State University, Krasnodar, Russia
¹ geoskubsu@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-2959-4901>
² geoskubsu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3526-2273>
³ iv-popkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2386-6611>

Abstract. The study of the hydrogeological features of the lower structural floors of the oil and gas-bearing sedimentary basins of the Scythian-Turanian platform has shown that, unlike the overlapping deposits, they have a number of characteristic features that allow us to speak about the special hydrogeochemical and hydrodynamic conditions of these complexes, determined primarily by the secondary nature of their filtration-capacitance properties. The water saturation of the rock matrix, the focal nature of the development of secondary reservoirs against the background of extremely low permeability of the surrounding strata make it impossible to develop elysium flows. This causes the high sensitivity of the lower floor to various compression processes, including those caused by the intrusion of deep high-energy fluid flows. Fluid injection is accompanied by decompression of low-permeable strata, the formation of additional cracks, the formation of secondary voids of metasomatic origin. As a

result, secondary reservoirs of complex morphology are formed, filled with hydrocarbons. The coincidence in terms of hydrogeochemical and hydrodynamic anomalies, areas of secondary reservoirs with distinct traces of metasomatism and associated accumulations of oil and gas indicate their genetic relationship. The structure of oil and gas reservoirs, as well as accompanying hydrogeological anomalies, is considered on the example of well-studied Triassic hydrocarbon deposits of Southern Mangyshlak.

Keywords: triassic, lithology, hydrochemical and hydrodynamic anomalies, deep fluids, reservoirs

For citation: Popkov V. I., Larichev V. V., Popkov I. V. Hydrogeochemical and hydrodynamic zonality of Triassic oil and gas bearing structures of the Scythian-Turanian platform. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;3(90):33–40. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_33 (In Russ.).

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

Проведённые исследования во многих нефтегазоносных регионах [1–9] свидетельствуют о важной роли глубинных агрессивных флюидов в процессах нефтегазоаккумуляции в глубокопогружённых горизонтах осадочных бассейнов. Были установлены и обоснованы границы плановой и вертикальной гидрохимической, в том числе инверсионной зональности. Считается, что появление в глубоких горизонтах весьма опреснённых, аномальных по отношению к гидрохимическому фону пластовых вод гидрокарбонатно-натриевого состава с минерализацией менее 10 г/л в изолированных в гидродинамическом отношении толщах, может служить прямым признаком их нефтегазоносности. В связи с этим важное значение приобретает вопросы формирования гидрогеологических аномалий в глубокопогружённых комплексах, их вероятной природы и взаимосвязи со скоплениями углеводородов.

Данная проблема исследовалась нами на примере наиболее изученных месторождений углеводородов в триасовом разрезе Скифско-Туранской платформы – Южный Жетыбай, Тасбулат (южная часть Жетыбай-Узеньской тектонической ступени), Северо-Ракушечное (Песчаномыско-Ракушечная зона сводовых поднятий) и Северное Карагие (Карагинская седловина), входящих в состав Южно-Мангышлакского нефтегазоносного бассейна.

Газоконденсатное месторождение Северо-Ракушечное

Газоконденсатные залежи месторождения приурочены к вулканогенно-карбонатной толще среднего триаса. Зона разуплотнения проходит через свод поднятия. К ней приурочены наиболее опреснённые воды сульфатно-натриевого типа с минерализацией 15,7–20,1 г/л (рис. 1). Здесь же фиксируются высокие значения коэффициента негидростатичности ($K_{нг}$), достигающие 1,1–1,4 (рис. 2).

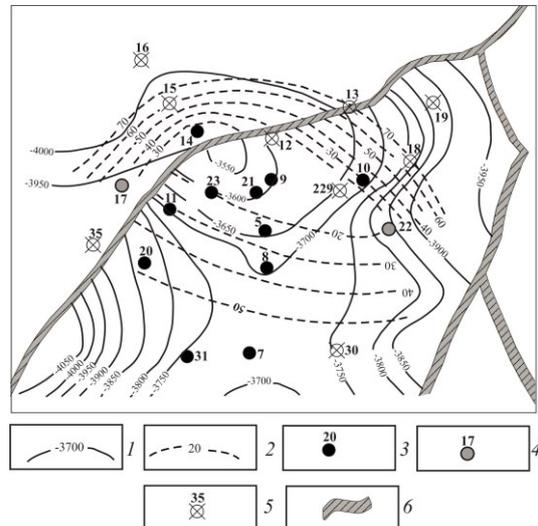


Рисунок 1 — Схема гидрохимической зональности месторождения Северо-Ракушечное: 1 — изогипсы по кровле пласта “А”; 2 — изоминеры, г/л; 3–5 — скважины (3 — продуктивные, 4 — с непромышленным притоком, 5 — ликвидированные); 6 — разломы по данным сейсморазведки

По мере удаления к крыльям поднятия возрастает минерализация вод до 62–73 г/л, тип их переходит в хлоркальциевый, отношение rNa/rCl снижается до 0,53–0,73 (скв. 13, 15, 18), коэффициент $K_{нг}$ уменьшается до 0,94–0,97 (скв. 18, 30). При росте минерализации пластовых вод от свода структуры к крыльям на фоне снижения коэффициента $K_{нг}$ проявляется строгая взаимосвязь между минерализацией и $K_{нг}$.

Первой скважиной, вскрывшей залежи углеводородов триасовом разрезе, была скважина 4, при испытании которой из интервала глубин 3 560–3 607 м был получен приток газоконденсата и воды. Выполненный химический анализ показал, что пластовая вода имеет гидрокарбонатно-натриевый тип ($r_{\text{Na}}/r_{\text{Cl}} = 1,4$) и характеризуется повышенными концентрациями гидрокарбонатов (976 мг/л) и сульфатов (1 330,8 мг/л), при низких значениях содержания кальция и магния (70,0 и 6,0 мг/л соответственно). Это был первый объект в донорском комплексе, давший приток маломинерализованных (9,3 г/л) вод и установивший существование в разрезе Южного Мангышлака инверсионной гидрохимической зональности [3]. Минерализация пластовых вод триасового комплекса оказалась в 20 (!) раз ниже, чем в залегающей выше юрской продуктивной толще.

Помимо вод гидрокарбонатно-натриевого типа, в шести скважинах воды оказались хлоркальциевого типа с минерализацией от 10,4 до 157,0 г/л (скв. 24, 15), а в скважинах 19, 20 и 39, пробуренных к югу от разлома, осложняющего южное крыло антиклинали, тип вод оказался хлормагниевого при минерализации вод 1,7–27,7 г/л.

Для вод триасового комплекса установлена достаточно чёткая плановая зональность, проявляющаяся в возрастании их минерализации от свода структуры к крыльям. Здесь фиксируются два купола минимальных значений минерализации: Каржауский и Нормаулский (рис. 3). По направлению к периклиналям складки минерализация вод возрастает до 25,0–48,5 г/л, а на северном крыле — до 157,0–159,0 г/л (скв. 31, 15, 14). Параллельно с ростом минерализации изменяется и тип вод. Если на юге месторождения, за надвигом, получили развитие воды хлормагниевого состава, то на периклиналях и крыльях вскрываются хлоркальциевые воды, замещающиеся в центральной части месторождения (скв. 4, 26, 22, 25, 23, 38) водами гидрокарбонатно-натриевого типа.

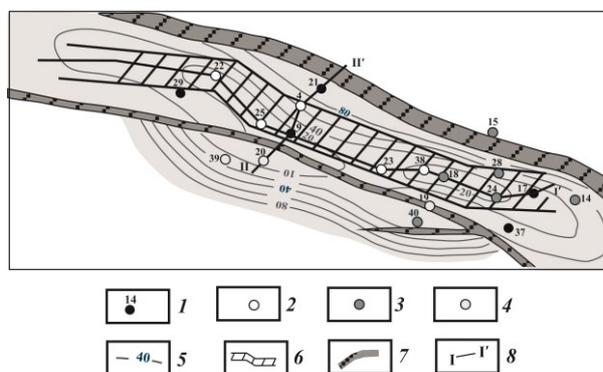


Рисунок 3 — Схема гидрохимической зональности триасового комплекса месторождения Южный Жетыбай. Тип вод в скважинах: 1 — данные отсутствуют; 2 — гидрокарбонатно-натриевые; 3 — хлоркальциевые; 4 — хлормагниевого; 5 — изоминеры, г/л; 6 — зона разуплотнения; 7 — разломы по данным сейсморазведки; 8 — линии разрезов

Помимо хлормагневых вод, в ряде других площадей отмечены воды сульфатно-натриевого типа. Повышение содержания в водах гидрокарбонат-иона сопровождается уменьшением в них иона кальция. Наглядно эта связь прослеживается от периферии структуры к своду. В скважинах 15 и 14, расположенных на северном крыле и восточной периклинали, содержание гидрокарбонат-иона составляет 1,5–7,3 мг-экв/л, а кальция — 142,9–775,8 мг-экв/л. В сводовых скважинах содержание гидрокарбонатов возрастает до 25,4–28,0 мг-экв/л, а концентрация кальция снижается до 0,4–8,5 мг-экв/л (скв. 25 и 26). Тип вод при этом сменился с хлоркальциевого на гидрокарбонатно-натриевый, а минерализация вод уменьшилась с 48,5–157,0 до 1,1–23,7 г/л.

Кроме плановой гидрохимической зональности присутствует вертикальная зональность. В скважине № 19 минерализация пластовых вод с глубиной уменьшилась с 20,2 г/л (инт. 3455–3496 м) до 14,6 г/л (инт. 3620–3258 м); в скважине № 26 — с 40,0 до 19,7 г/л (инт. 3290–3330 м и 3360–3380 м соответственно).

На месторождении отчётливо проявляется также плановая гидродинамическая зональность, заключающаяся в снижении величины $K_{\text{н}}$ от 1,1–1,14 в присводовых участках складки, до 1,0 и ниже — на крыльях и периклиналях.

Приведённые данные свидетельствуют о приуроченности триасовых залежей углеводородов месторождения Южный Жетыбай к линейной зоне разуплотнения пород субширотного простирания, совпадающей с присводовой частью антиклинали. Прямым подтверждением этому является расположение всех продуктивных скважин 26, 22, 25, 4, 23, 38, 24, 28, 17 в зоне

разууплотнения, а непродуктивных скважин 37, 36, 20, 30, 31, 21, 15, 29 — вне зоны разууплотнения (см. рис. 3). Кроме того, практически во всех продуктивных скважинах, помимо притоков углеводородов, были получены притоки маломинерализованных вод. В частности, при опробовании скважины 26 дебит воды на штуцере 7 мм составил 77,8 м³/сут., а на 17 мм — 355,0 м³/сут. Дебит газа при этом увеличился с 95 до 216 тыс. м³/сут., а конденсата — с 4,8 до 12,8 м³/сут. Аналогичные результаты получены в скважинах 25, 38, 22.

Выделенная зона разууплотнения является здесь единственной проницаемой зоной, обеспечивающей миграцию флюидов, в том числе углеводородов, в блоках плотных непроницаемых пород, а также контролирующей реакционные объёмы эпигенетического порообразования и морфологию вторично-наложенных резервуаров нефти и газа. Обеспечивая вертикальную миграцию флюидов, эта зона чётко выражена гидрохимически и гидродинамически на площади месторождения. Превышение пластового давления над гидростатическим в зоне разууплотнения достигает 7,4 Мпа. Гидродинамическая аномалия со значениями $K_{нт} > 1$ совпадает в плане с гидрохимической и полностью находится в пределах зоны разууплотнения.

Нефтегазовое месторождение Тасбулат

Располагающееся к востоку от Южно-Жетыбайского месторождения Тасбулат находится с ним в сходных структурных условиях. Скопления углеводородов установлены в юрской продуктивной толще и отложениях триаса. Антиклиналь (10,0 × 2,5 км) приурочена к фронтальной части субширотного надвига. Триасовые отложения претерпели интенсивные деформации, в результате чего на пересекающих складку сейсмических разрезах регулярные отражения не фиксируются. В скважине 10, принимающей во многих построениях в качестве сводовой, из триасовой части разреза поднят керн с вертикальным залеганием слоёв, насыщенных фауной пелеципод. В других скважинах в кернах отмечены углы падения слоёв, достигающие десятков градусов.

Как и на Южном Жетыбае, в юрских пластах-коллекторах получили развитие хлоркальциевые рассолы с минерализацией 150–170 г/л, а по отдельным пробам — до 192,6 г/л. Солевой состав представлен в основном хлоридами щелочей и щелочноземельных металлов при постоянном микрокомпонентном составе (мг/л): литий (10,0–12,5); рубидий (4,0–5,5); цезий (не более 0,03); стронций (362–550); бром (207–452); йод (10–12); бор (13–16); калий (950–1 875).

Ниже зоны распространения юрских хлоркальциевых рассолов в отложениях триаса вскрыты воды с минерализацией 17–31 г/л. В этих водах отмечены невысокие концентрации кальция, магния, йода, брома и повышенные содержания гидрокарбонатов (1407 мг/л), сульфатов (1 524 мг/л), на фоне которых зафиксирована контрастная гидрогеохимическая аномалия по йоду (скв. 16, 19).

Для подземных вод триасового комплекса в пределах месторождения установлена плановая гидрогеологическая зональность, проявляющаяся в постепенном росте минерализации вод от свода структуры к крыльям и периклиналям (рис. 4).

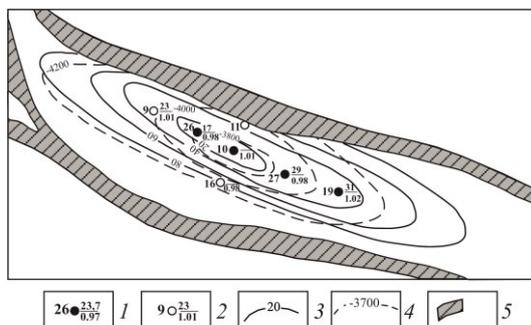


Рисунок 4 — Схема гидрохимической зональности месторождения Тасбулат: 1–2 — скважины (цифры слева — номер скважины, справа в числителе — минерализация (г/л), внизу — $K_{нт}$: 1 — продуктивные, 2 — с непромышленным притоком); 3 — изоминеры, г/л; 4 — изогипсы по кровле продуктивного пласта; 5 — разломы по данным сейсморазведки

Кроме плановой на месторождении установлена и вертикальная гидрохимическая зональность, проявляющаяся в возрастании минерализации вод снизу вверх. Наиболее контрастно эта тенденция отмечена в скважинах 19 и 26. В скважине 9 минерализация вод по шестисотметровому разрезу изменяется незначительно — 25,4–27,5 г/л. Гидродинамическая зональность на месторождении выражена менее отчётливо, поскольку значения коэффициента $K_{нт}$ изменяются в очень узких пределах — 0,98–1,02.

Продуктивные скважины 9, 10, 19, 27 и 26 расположены в зоне повышенной дислоцированности триаса, приуроченной к фронту надвига. Её ширина составляет немногим более 1 км. С этой зоной связаны основные объёмы эпигенетического порообразования, за пределами которой (скв. 11, 16) проницаемые интервалы методами промысловой геофизики не выделяются. Эта зона чётно выражена гидрохимически и гидродинамически.

Нефтяное месторождение Северное Карагие

В отличие от рассмотренных выше месторождений, скопление нефти на Северном Карагие приурочено к верхнему триасу. Однако интенсивные нефтегазопроявления были отмечены и в отложениях вулканогенно-карбонатного комплекса среднетриасовых отложений, промышленные притоки из которого получены также на соседних площадях (Кариман, Долинное). Месторождение Северное Карагие расположено в северной части Карагинской седловины. Размеры структуры составляют $6,0 \times 5,5$ км, амплитуда равна 70 м.

Пласты-коллекторы верхнего триаса представлены песчаными пачками мощностью от 4 до 8 м с открытой пористостью 11–12 %. При их опробовании в скважине Северное Карагие-1 получен приток нефти с газом с дебитами, соответственно, 52 м³/сут. и 10,5 тыс. м³/сут. на восьмимиллиметровом штуцере при забойном давлении 280 атм. и депрессии 194,8 атм. Максимальный дебит нефти (108,0 м³/сут.) на девятимиллиметровом штуцере получен в скважине 5, минимальный (до 0,8 м³/сут.) — в скважине 16.

В вулканогенно-карбонатной толще среднего триаса развиты коллекторы преимущественно каверново-порового и трещинного типов. Каверново-поровые коллекторы обладают высокими ёмкостными свойствами: открытая пористость достигает 25,5 %, а проницаемость — $343 \cdot 10^{-3}$ мкм². Трещинный тип коллектора в объёме ёмкостных характеристик составляет 0,1–1,0 % и определяет в основном фильтрационную характеристику продуктивной толщи среднего триаса.

Водоносные горизонты юрской продуктивной толщи в пределах месторождения остались неизученными, однако можно предположить, что гидрохимический облик их не будет отличаться от хлоркальциевых рассолов месторождений Северо-Западный Жетыбай, Южное Карагие, Тарлы и других близ расположенных структур [3]. Как правило, это типичные хлоркальциевые рассолы с минерализацией от 120–140 до 160–180 г/л.

Инверсионные воды вскрыты на глубинах 3 400–4 000 м во всех отделах триаса, при этом практически из всех интервалов получены переливающие притоки, т. к. альтитуды скважин расположены на отметках минус 60...минус 89 м. В связи с этим гидрохимический материал по месторождению имеет высокую степень достоверности (рис. 5).

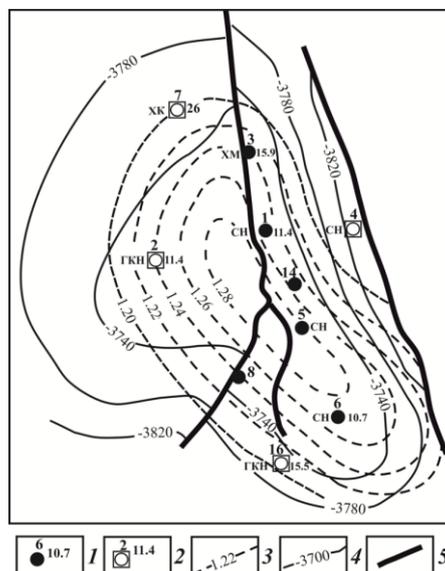


Рисунок 5 — Схема гидродинамической зональности месторождения Северное Карагие: 1–2 — скважины (1 — с промышленными притоками, 2 — ликвидированные (справа — минерализация (г/л), слева — тип вод: ГКН — гидрокарбонатно-натриевые, СН — сульфатно-натриевые, ХМ — хломагниевые; ХК — хлоркальциевые); 3 — изолинии $K_{пр}$; 4 — кровля коллектора (верхний триас); 5 — разломы

Гидрохимические закономерности месторождения Северное Карагие, как в плане, так и в разрезе, весьма сходны с рассмотренными выше. В присводовых скважинах получены притоки маломинерализованных вод гидрокарбонатно-натриевого и сульфатно-натриевого типов с минерализацией 11,4–17,1 г/л. К северу наряду с ростом минерализации до 26 г/л тип вод сменяется на хлоркальциевый (скв. 7). Вертикальная гидрохимическая зональность доюрского комплекса на месторождении носит инверсионный характер, подтверждением чему служат результаты опробования скважины 2. Из среднетриасовых отложений в интервале 3 863–3 880 м получен переливающий приток нефти и воды дебитом 2,4 м³/сут. Минерализация воды составила 11,4 г/л, а коэффициент гNa/гCl — 1,16 (гидрокарбонатно-натриевый тип). В водах отмечены высокие концентрации гидрокарбонатов (1 621 мг/л), величины рН (7,4) и очень низкие содержания кальция (23 мг/л) и магния (8 мг/л).

Вверх по разрезу наряду с ростом минерализации до 40,5 г/л происходит резкое увеличение концентрациями кальция — до 6 120 мг/л и магния — до 396 мг/л. Кроме того, в верхнетриасовых пробах увеличивается доля сульфатов. Гидродинамическая зональность триасового комплекса месторождения Северное Карагие проявляется отчётливо. Максимальные значения коэффициента $K_{нт}$ приурочены к присводовой части структуры и заметно уменьшаются к северу и востоку (скв. 4, 7). В отличие от Южно-Жетыбайского, Тасбулатского и Северо-Ракушечного месторождений здесь зафиксированы более высокие значения коэффициента $K_{нт}$ (1,24–1,27), превышающие пластовых давлений над условным гидростатическим давлением достигает 12,4 МПа.

Заключение

В отложениях триаса присутствуют опреснённые воды от гидрокарбонатно-натриевого до хлоркальциевого состава, образующие на региональном фоне высокоминерализованных подземных рассолов инверсионную гидрохимическую зональность. Установлено, что к сводам структур приурочены наименее минерализованные воды гидрокарбонатно-натриевого или сульфатно-натриевого типов. К крыльям и периклиналям происходит возрастание минерализации вод, а их состав сначала становится хлормагниевым, а затем — хлоркальциевым. Следовательно, вблизи каналов внедрения глубинных флюидов рассоление вод будет достигать максимума, а при удалении от них течение процесса замедляется, в результате чего обратная метаморфизация завершается на сульфатно-натриевом или хлормагниевого типах вод [3]. Вне зон влияния глубинных флюидов тип вод остаётся хлоркальциевым, не отличаясь от типичных хлоркальциевых рассолов глубоких горизонтов нефтегазоносных бассейнов.

Восходящая миграция глубинных газонасыщенных флюидов в верхние стратиграфические горизонты приводит также к росту давлений в пласте относительно окружающего фона. При удалении от каналов внедрения происходит постепенное выравнивание гидродинамических характеристик, а пластовое давление приближается к гидродинамическому фону с параллельным исчезновением ёмкости выщелачивания в горных породах.

Коллекторские свойства пород в условиях низкопроницаемого разреза являются вторичными и имеют метасоматическую природу. Площадь участков их развития в рассмотренных примерах соответствуют размерам антиклинальных структур, что отражает масштабы латеральной составляющей локализованных инъекций агрессивных флюидов в триасовые отложения. Повышенная энергетика глубинных инверсионных вод предопределяет формирование гидродинамических аномалий, обладающих активными деформирующими способностями. При внедрении в низкопроницаемую систему глубокопогружённых триасовых комплексов высокотемпературных низкоминерализованных агрессивных вод происходит растворение карбонатных, силикатных и кремнезёмных минеральных фаз. В данном случае деформационное разуплотнение пород сочетается с активным разуплотняющим эффектом их метасоматических преобразований [4; 7; 9]. Такие породы, залегающие среди более плотных и менее трещиноватых разностей, получившие название улучшенных коллекторов, или коллекторов в зонах разуплотнения, образуют пространственно замкнутые резервуары сложной морфологии, заполняемые при благоприятных условиях углеводородами.

Локальный характер аномалий указывает на молодой возраст вызвавшего их процесса, который либо закончился совсем недавно, либо ещё продолжается.

Список литературы

1. Дюнин В. И., Корзун А. В. Гидрогеодинамика нефтегазоносных бассейнов. Москва: Научный мир, 2005. 254 с.
2. Ларичев В. В., Попков В. И., Попков И. В. Гидрохимический облик пластовых вод месторождения Оймаша // Геология, география и глобальная энергия. 2020. № 2 (77). С. 51–59.
3. Ларичев В. В., Попков В. И., Попков И. В. Гидрохимические условия глубокопогруженных нефтегазоносных комплексов // Геология, география и глобальная энергия. 2013. № 4 (51). С. 101–112.

4. Лукин А. Е. Гипогенно-аллогенетическое разуплотнение – ведущий фактор формирования вторичных коллекторов нефти и газа // Геологический журнал. 2002. № 4. С. 15–32.
5. Лукин А. Е. Глубинная гидрогеологическая инверсия как глобальное синергетическое явление: теоретические и прикладные аспекты. Ст. 3. Глубинная гидрогеологическая инверсия и нефтегазоносность // Геологический журнал. 2005. № 2. С. 44–61.
6. Медведев С. А., Попков В. И. Генезис вод глубоких горизонтов нефтегазоносных бассейнов молодой платформы юга СССР // Советская геология. 1986. № 6. С. 118–125.
7. Попков В. И. Дефлюидизация недр и нефтегазоносность глубокопогружённых толщ // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. Нефтегазоносные бассейны как саморазвивающиеся нелинейные системы. Москва: МГУ, 1999. С. 202–203.
8. Попков В. И., Ларичев В. В. Флюидодинамические особенности глубокопогружённых нефтегазоносных комплексов // Геология, география и глобальная энергия. 2016. № 4. С. 88–92.
9. Попков В. И., Попков И. В. Литогенез, коллекторские свойства и флюидодинамика доплитных комплексов Скифско-Туранской плиты // Эжолит – 2022. Литология осадочных комплексов фанерозоя и докембрия. Годичное собрание (научные чтения). Москва, 2022. С. 107–109.
10. Проняков В. А. Ёмкостно-фильтрационные свойства коллекторов доюрских образований Южного Мангышлака // Проблемы поиска и разработки нефтяных месторождений Южного Мангышлака. Грозный: СевКавНИПИнефть, 1983. С. 11–13.

References

1. Dunin V. I., Korzun A. V. Hydrogeodynamics of oil and gas basins. Moscow: Nauchnyy mir; 2005:254 (In Russ.).
2. Larichev V. V., Popkov V. I., Popkov I. V. Hydrochemical appearance of reservoir waters of the Oymasha deposit. *Geology, geography and global energy*. 2020;2(77):51–59 (In Russ.).
3. Larichev V. V., Popkov V. I., Popkov I. V. Hydrochemical conditions of deep-submerged oil and gas complexes. *Geology, geography and global energy*. 2013a;4(51):101–112 (In Russ.).
4. Lukin A. E. Hypogenic-allogenic decompression – the leading factor in the formation of secondary reservoirs of oil and gas. *Geological Journal*. 2002;4:15–32 (In Russ.).
5. Lukin A. E. Deep hydrogeological inversion as a global synergetic phenomenon: theoretical and applied aspects. Article 3. Deep hydrogeological inversion and oil and gas potential. *Geological Journal*. 2005;2:44–61 (In Russ.).
6. Medvedev S.A., Popkov V.I. Genesis of waters of deep horizons of oil and gas basins of the young platform of the south of the USSR // *Sovetskaya geologiya*. 1986. No. 6. pp. 118-125. (In Russ.)
7. Popkov V.I. Defluidization of subsurface and oil and gas potential of deep-submerged strata // *New ideas in geology and geochemistry of oil and gas. Oil and gas basins as self-developing nonlinear systems*. Moscow: MSU, 1999. pp. 202-203. (In Russ.)
8. Popkov V. I., Larichev V. V. Fluid dynamic features of deep-submerged oil and gas complexes. *Geology, geography and global energy*. 2016;4:88–92 (In Russ.).
9. Popkov V. I., Popkov I. V. Lithogenesis, reservoir properties and fluid dynamics of additional complexes of the Scythian-Turanian plate. *Exolite – 2022. Lithology of Phanerozoic and Precambrian sedimentary complexes. Annual meeting (scientific readings)*. Moscow: 2022:107–109 (In Russ.).
10. Pronyakov V. A. Reservoir filtration properties of reservoirs of pre-Jurassic formations of Southern Mangyshlak. *Problems of search and development of oil fields of Southern Mangyshlak*. Grozny: Sevkavnipineft; 1983:11–13 (In Russ.).

Информация об авторах

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

Information about the authors

Popkov V. I. — Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences;
Larichev V. V. — Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), doctoral student;
Popkov I. V. — Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor.

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

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

Статья поступила в редакцию 18.05.2023; одобрена после рецензирования 29.05.2023; принята к публикации 13.06.2023.

The article was submitted 18.05.2023; approved after reviewing 29.05.2023; accepted for publication 13.06.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 41–54.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):41–54 (In Russ.).

Научная статья

УДК 556.3

https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_41

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЕРХНЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЯ®

Ушивцева Любовь Франковна^{1✉}, Махмудова Влада Эдуардовна², Ярославцев Илья Олегович³
^{1,2,3} Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Астрахань, Россия

¹ ushivceval@mail.ru

² geologi2007@yandex.ru

³ ilya13355@mail.ru

Аннотация. Изучение подземных вод верхней части разреза, являющихся важнейшим источником водоснабжения населения, растений влагой, питания рек и озёр; агентом, растворяющим различные вещества в породах; фактором формирования карстовых и оползневых форм рельефа, заболачивания, засоления является весьма актуальным вопросом. Химический состав, геохимические особенности, закономерности и условия залегания и формирования подземных вод верхней части разреза юго-западной части Прикаспия изучены по результатам инженерно-геологических изысканий и при строительстве гидрогеологических скважин. Воды верхней части разреза используются для водоснабжения, в технических целях, в качестве минерально-лечебных и других. Состав подземных вод оказывает определённое воздействие на бетоны и металлоконструкции, на свойства и состав глинистого раствора, на основе которых он приготовлен. С другой стороны, техногенез оказывает большое влияние на химический состав вод, особенно верхней части разреза как наиболее подверженной загрязнению. Изучение химического состава вод позволяет определить возможность использования их в различных отраслях хозяйственной деятельности человека, выявить степень их загрязнения, определить загрязняющие вещества, дать оценку их изменения под воздействием техногенеза, осуществлять гидрогеологический мониторинг. В данном исследовании выполнен детальный анализ химического состава и типов вод верхней части разреза (четвертичный и неогеновый комплексы отложений). Приведён и проанализирован их состав, определено разнообразие генетических типов. Знание химического состава вод верхней части разреза необходимо для идентификации их по использованию, для проведения гидрохимического мониторинга, выявления степени загрязнения и изменения химсостава, снижения риска газоводопровялений в процессе строительства гидрогеологических скважин.

Ключевые слова: артезианский бассейн, рассолы, гидродинамическая зона, водоносные комплексы, гидрогеологический этаж, макрокомпоненты и микрокомпоненты, генетический тип вод, минерализация, гидродинамическая зона

Для цитирования: Ушивцева Л. Ф., Махмудова В. Э., Ярославцев И. О. Гидрогеологические условия верхней гидродинамической зоны юго-западной части Прикаспия // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 41–54. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_41.

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE UPPER HYDRODYNAMIC ZONE OF THE SOUTHWESTERN PART OF THE CASPIAN SEA

Lubov F. Ushivceva^{1✉}, Vlada E. Makhmudova², Ilya O. Yaroslavtsev³

^{1,2,3} Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

¹ ushivceval@mail.ru

² geologi2007@yandex.ru

³ ilya13355@mail.ru

Abstract. Studies of groundwater in the upper section, which is the main water supply for population, plants, rivers and lakes, as well as is an agent dissolving various substances in rocks and a contributing factor to formation of karst and sliding land forms, bogs and salinization, are important. Chemical composition, geochemical features, occurrence, formation patterns and conditions of groundwater in upper section in the southwestern part of the Caspian Sea have been studied based on geotechnical surveys and during construction of ground-water wells. Water from the upper section of this zone is used for water supply, technical purposes, as medicinal mineral water, etc. Groundwater composition has a certain effect on concrete and steelwork, on composition and properties of clay mortar where groundwater is used. On the other hand, technogenesis has its own effect on groundwater chemical composition, especially in the upper section as it more exposed to contamination. Studies of groundwater chemical composition help to determine its applicability in various fields of human economic activity, to determine its contamination level, to estimate technogenesis impact, to make a hydrogeological monitoring. Scientific novelty.

This paper analyzes in details types and chemical composition of groundwater in the upper section (Quaternary and Neogene sequence), describes variety of water genetic types, their characteristics and occurrence conditions. It has been established that right from the upper section, groundwater is highly saline due to contact of water-bearing formations with salt deposits. Analysis results: Knowledge about chemical composition of water from the upper section is required to determine its applicability, to make a hydrochemical monitoring, to determine contamination level and changes in chemical composition, to mitigate risks of gas and water ingress during construction of water wells.

Keywords: artesian basin, brines, hydrodynamic zone, water-bearing formations, hydrogeological stage, macro components, micro components, water genetic type, salinization, hydrodynamic zone

For citation: Ushivceva L. F., Makhmudova V. E., Yaroslavtsev I. O. Hydrogeological conditions of the upper hydrodynamic zone of the southwestern part of the Caspian Sea. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;3(90):41–54. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_41 (In Russ.).

Юго-западная часть Прикаспия относится к наложенному Северо-Каспийскому артезианскому бассейну в составе сложнопостроенного Прикаспийского артезианского мегабассейна (АБ) в котором выделяется до 23 водоносных комплексов и горизонтов, содержащих значительные ресурсы минерализованных подземных вод и рассолов. Ресурсы пресных и слабосоленых хозяйственно-питьевых вод ограничены. В гидрогеологическом отношении район является закрытым, для него характерна удалённость основных областей питания, низкие скорости движения подземных и поверхностных вод, затруднённая разгрузка. Эти факторы в совокупности со слаборасчлещённым рельефом, засушливым климатом определили формирование на территории исследования высокоминерализованных и рассольных подземных вод

Гидрогеологические условия юго-западной части впадины, охватывающей полупустынную степную зону, весьма разнообразны, что отражается на составе и типе вод. Здесь развиты: карстовые пресные (Баскунчакское месторождение), минеральные (Тинакское и Харабалинское месторождения), йодосодержащие (Леонидовское и Астраханское), технические и бальнеологические воды. Пресные воды содержатся в современных аллювиальных отложениях на глубине до 60 м, в форме линз в эоловых песках — на глубине 2–20 м.

Подземные воды верхней части разреза залегают на глубине от нескольких до 200–700 м. Водоносные горизонты представлены песками хвалынского, хазарского, бакинского и песчаниками апшеронского возраста четвертичной системы. Крайне редко водоносными являются прослои песчаников в глинистой толще неогена. По минерализации воды от слабоминерализованных до рассолов. Начиная с четвертичных отложений, вниз по разрезу вскрыты воды исключительно рассольной минерализации.

В физико-географическом отношении территория Северо-Каспийского артезианского бассейна приурочена к Прикаспийской впадине с абсолютными отметками от минус 2,7 до минус 27,5 м, которая на юге омывается Каспийским морем. Поверхность земли имеет неравномерный уклон в юго-западном направлении от Южного Урала (от 400–350 м) в сторону Каспийского моря (до 27–28 м на побережье Каспия). Прикаспийская впадина в течение длительного геологического времени испытывала интенсивное прогибание, обусловившее осадконакопление и формирование осадочного чехла мощностью свыше 20 км (Центрально-Прикаспийская депрессия). Фундамент Прикаспийской впадины имеет резко выраженную блоковую структуру с множеством разломов. Северо-Каспийский артезианский бассейн характеризуется большим разнообразием гидрогеохимических и литолого-фациальных условий.

Особенностью геологического строения Прикаспийской впадины является наличие мощной толщи кунгурских солей, наличие которых в геологическом разрезе оказывает значительное влияние на гидрохимию вод, приводит к повышенной их минерализации и разнообразию геохимических типов. Интенсивное проявление соляной тектоники, рост куполов обусловили возникновение разрывных нарушений в сводах куполов, различную стратиграфическую полноту разреза, чередование отрицательных (междупольных мульд) и положительных форм соляных тел (куполов, гряд, массивов), являющихся отдельными изолированными блоками в гидродинамическом отношении. При этом нарушены условия залегания четвертичных отложений, водоносных горизонтов, внутрисолевых пластов, соляных тел; изменены мощности отложений, гидрогеохимический и гидрологический режимы территории.

По особенностям общегидрогеологического и гидрогеохимического строения в пределах Северо-Каспийского артезианского бассейна выделяются верхняя и нижняя гидрогеодинамические зоны [1].

Верхняя гидрогеодинамическая зона Северо-Каспийского артезианского бассейна в пределах юго-западной части охватывает гидрогеологические комплексы плиоцен – четвертичного возраста, находящихся в условиях интенсивного и затруднённого водообмена. Зона интенсивного водообмена приурочена к аллювиальным морским, хазарско-хвалыньским и аллювиальным среднечетвертичным современным отложениям прибрежной зоны р. Волги и Волго-Ахтубинской поймы [2].

Водоупорами верхней гидрогеодинамической зоны служат хазарские, бакинские и ачкагыльские глины с небольшими значениями коэффициента фильтрации. По подошве ачкагыльских глин проводится нижняя граница верхней гидрогеодинамической зоны.

Глинистые и соленосные отложения локальных и региональных водоупоров, подстилающие верхнюю гидрогеодинамическую зону, характеризуются низкими фильтрационными свойствами, практически полным отсутствием зон тектонической нарушенности, что определяет высокую изолированность верхней гидрогеодинамической зоны от перетоков вод из нижних частей [1].

Нижняя гидрогеодинамическая зона охватывает гидрогеологические комплексы от палеогена до девона, которые находятся в зоне затруднённого или весьма затруднённого водообмена, в жёстких термобарических условиях.

Границей между верхней и нижней гидрогеодинамическими зонами является региональный флюидоупор — сульфатно-галогенная толща кунгурского яруса нижней перми, разделяющая весь разрез на два крупных гидрогеологических этажа — надсолевой и подсолевой, представляющие собой самостоятельные водонапорные системы, отличающиеся друг от друга гидродинамическим режимом и особенностями гидрохимии вод [11].

Надсолевой гидрогеологический этаж состоит из двух крупных водоносных комплексов (ВК) — покровного четвертичного и собственно надсолевого, в котором выделяются палеогеновый, меловой, юрский, верхнепермско-триасовый водоносные подкомплексы.

Четвертичные отложения (покровный ВК) характеризуемой территории представлены рыхлыми песчано-глинистыми отложениями нижнего, среднего, верхнего плейстоцена и голоценового надразделов. Несмотря на длительную историю изучения плейстоценовых отложений Каспийской области, чёткие критерии их стратификации до сих пор не разработаны. Многоактное чередование морского и континентального режимов вызвало большую пестроту в фациальном распределении отложений. В разрезе встречены разнообразные генетические типы песков, среди которых наибольшим распространением пользуются морские хвалынские, слагающие обширные пространства Прикаспийской низменности, а также аллювиальные пески, выполняющие долины рек Волги, Ахтубы и их притоков. На водоразделах и их склонах выделены покровные образования, которые по геолого-геоморфологическим признакам расчленены на аллювиальные и делювиальные отложения. Нижний плейстоцен представлен континентальными и морскими образованиями тюркянского и бакинского, среднего плейстоцен — хазарским, верхний плейстоцен — хвалынским водоносными горизонтами [8].

Плиоценово-четвертичный структурный ярус залегает с резким угловым и стратиграфическим несогласием на подстилающих породах от кунгура до палеогена включительно. Характерной особенностью его является невысокая степень дислоцированности пород. Углы падения пород обычно меньше 1°. Соляная тектоника проявилась незначительно, и лишь в районе г. Богдо соленосные отложения кунгура прорывают полностью плиоценово-четвертичные отложения и выведены на дневную поверхность [11].

Четвертичный водоносный комплекс объединяет водоносные горизонты морских отложений хвалынской, послехвалынской, хазарской, бакинской трансгрессий. Покровный четвертичный комплекс является зоной свободного водообмена, содержит безнапорные воды с минерализацией от 2,2 до 60 г/л и представляет собой сложнопостроенную систему инфильтрационного типа.

На территории исследования в нем выделяются семь водоносных горизонтов:

1. Водоносный голоценовый аллювиальный горизонт ((aQH) — Волго-Ахтубинская пойма
2. Водоносный хвалынский — современный аллювиально-морской горизонт (amIIIhv-H) — дельта р. Волги.
3. Водоносный хвалынский — современный озерно-аллювиальный горизонт (laIIIhv-H) — западные подступные ильмени.
4. Водоносный хазарско-хвалынский аллювиально-морской горизонт (amII-IIIhv-hv) — аккумулятивная морская равнина хвалынского возраста.
5. Водоносный хазарско-хвалынский морской горизонт (mII-IIIhv-hv) — аккумулятивная морская равнина хвалынского возраста.
6. Относительно водоносный бакинский морской горизонт (mbk).
7. Водоносный апшеронский морской комплекс (mQEap) [2; 11].

Гидрохимические особенности подземных вод данных водоносных горизонтов определяются, помимо состава вмещающих пород, их положением относительно кровли кунгурских соляных пород. Влияние жаркого аридного климата и толщи солей, которые активно выщелачиваются подземными водами, определяют формирование вод, в основном, хлоридно-натриевого состава повышенной минерализации практически с самых верхних частей разреза. Для этой зона характерны низкие значения напорного градиента и очень малая скорость фильтрации [2].

Основными эксплуатационными водоносными горизонтами и комплексами являются: водоносный современный аллювиальный горизонт (aIV), водоносный хазарско-хвалынский аллювиально-морской горизонт (amII – IIIhz-hv), относительно водоносный бакинский морской горизонт (mbk), водоносный апшеронский морской комплекс (mEap).

Водоносный голоценовый аллювиальный горизонт (aQIV) имеет развитие в пределах Волго-Ахтубинской поймы, является первым от поверхности зоны аэрации, вскрыт и опробован многочисленными скважинами, вмещает безнапорные воды. Зона аэрации сложена пойменными гумусированными суглинками, супесями и песками, мощность ее изменяется в течение года от полного исчезновения в период паводка до 1–3 м в осенне-зимнюю межень. Питание водоносного горизонта происходит за счет паводковых вод и атмосферных осадков, а также подтока минерализованных вод в бортах долины из хвалынского водоносного горизонта. Разгрузка осуществляется в местные водотоки и в сторону Каспийского моря [10].

Водовмещающими породами являются аллювиальные пески мелко-среднезернистыми в нижней части толщи, буровато-жёлтыми, серыми, тонко-мелкозернистыми в верхней мощностью 3,4 до 29,7 м, иногда грунтовые воды приурочены к пойменным суглинкам, супесям, опесчаненным глинам. По гранулометрическому составу в песках преобладает фракция 0,5–0,05 мм, значительный процент составляет фракция 0,05–0,01 мм, в верхних слоях пески пылеватые. Водообильность отложений невысокая. По данным пробных откачек коэффициент фильтрации изменяется в пределах от 0,41 до 2,54 м/сут, водопроницаемость – от 18 до 34 м²/сут. Дебиты скважин изменяются в широких пределах 0,1 до 5,7 л/с, увеличиваясь к подошве. Уровень грунтовых вод находится в постоянной зависимости от уровня поверхностных вод. Для водоносного горизонта характерна изменчивость по площади и по глубине минерализации, которая колеблется в пределах 0,6–38 г/дм³. Грунтовые воды аллювиального горизонта от пресных, слабосоленых до соленых; по составу - гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниево-хлоридно-кальциево-магниево-натриевые или хлоридно-магниево-натриево-кальциевого типа, по pH – нейтральные (табл. 1).

Воды горизонта Волго-Ахтубинской поймы используется для водоснабжения населения в северной и центральной частях Астраханской области. В солевом составе вод данного комплекса хлориды (80–86 %-экв), натрий (32–42 %-экв), магний (23–33 %-экв), кальций (25–45 %-экв) [2; 10].

Таблица 1 — Гидрохимические показатели вод аллювиального водоносного горизонта

Гидрохимические показатели воды	Номера скважин		Формула ионно-солевого состава
	3 (Началово)	7 (Началово)	
Номер объекта	1	2	1 объект $\frac{\text{Cl } 84 \text{ SO}_4 12 \text{ HCO}_3 4}{\text{Na } 42 \text{ Mg } 34 \text{ Ca } 24}$
Глубина отбора, м	5,0	7,0	
Возраст отложений	aIV	aIV	
Солевой состав вод, мг/л. / мг-экв-л:			
Натрий+ калий	3 775,8	1 897,5	Хлоридно-кальциево-магниево-натриевая вода 2 объект $\frac{\text{Cl } 87 \text{ SO}_4 10 \text{ HCO}_3 3}{\text{Na } 32 \text{ Mg } 23 \text{ Ca } 45}$
	164,16	82,5	
	42,2	31,69	
Кальций	1 890	2 350	
	94,31	117,27	
	24,25	45,05	
Магний	1 586,9	735,7	
	130,51	60,5	
	33,55	23,24	
Хлориды	11 573	7 987,5	
	326,36	225,25	
	83,9	86,55	
Сульфат ион	2 287	1 297,6	
	47,61	27,02	
	12,24	10,38	
Гидрокарбонаты	915	488	
	15,01	8,0	
	3,86	3,07	
Карбонаты	Отс.	Отс.	

Продолжение табл. 1

Гидрохимические показатели воды	Номера скважин		Формула ионно-солевого состава
	3 (Началово)	7 (Началово)	
Минерализация, мг/л	23 100	15 500	
Генетические коэффициенты			
rNa/rCl	0,50	0,37	
rNa-rCl/rSO ₄	—	—	
rCl-rNa/rMg	1,24	2,36	
Cl/Br	—	—	
B/Br	—	—	
V/Cl	—	—	
Тип воды по Сулину В. А.	ХК	ХК	
Тип воды	Cl – Ca – Mg – Na	Cl – Mg – Na – Ca	
Плотность воды, г/см ³			
pH	7,0	7,0	

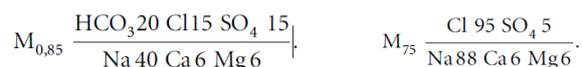
Водоносный хвалынский горизонт (QIII_hv) имеет двучленное строение. Нижняя часть разреза представлена песками мощностью до 14 м серыми, желтовато-серыми, желтыми тонкозернистыми пылеватыми, что определяет их слабую водообильность и высокую влагоёмкость; с тонкими прослоями коричневатого-бурой глины с многочисленными остатками фауны. Верхняя часть сложена глинами серовато-бурыми, коричневатого-бурыми, «шоколадными» тонкогоризонтально-слоистыми с присыпками песка по плоскостям напластования, с прожилками гипса. Водонасыщенными являются невыдержанные по простиранию линзовидные прослои песков и песчаников мощностью до 1–6 м. Верхним водоупором служит толща глин мощностью 20 м, нижним водоупором — верхнехазарские глины. По данным откачек коэффициенты фильтрации колеблются в пределах 0,052–6,03 м/сут. Гидравлический уклон составляет 0,00002. Дебиты скважин низкие – от 0,07 до 0,38 л/с. Подземные воды безнапорные, зеркало грунтовых вод в зависимости от рельефа залегает на глубинах от 0,5 до 10,0 м. Геофизические свойства водонасыщенных пластов горизонта приведены на (рис. 1) [12].

N	относительные значения глубины			абсолютные значения глубины				Дскв	ρ _{к^{ЭК}}	ρ _{к^{ЧММО.5А}}	ρ _{к^{А2МО.5В}}	пс	αпс	ГК	НГК	Литология	Насыщение	
	Интервал, м	Н _к	Н _п	Интервал, м	Н _к	Н _п												
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	1,0	11,0	10,0	-19,3	-20,9	1,6	-	-	-	-	-	-	-	6,0	0,7	суглинок	-	
2	11,0	12,6	1,6	-19,3	-20,9	1,6	-	-	-	-	-	-	-	2,4	1,7	песок	-	
3	12,6	22,0	9,4	-20,9	-30,3	9,4	-	-	-	-	-	-	-	3,6	1,0	глина	-	
4	22,0	33,0	11,0	-20,9	-41,3	11,0	-	-	-	-	-	-	-	3,8	1,0	глина	-	
5	33,0	34,0	1,0	-41,3	-42,3	1,0	741	-	-	-	-	-	-	2,7	1,2	песчаник	-	
6	34,0	35,3	1,3	-42,3	-41,3	1,3	741	0,7	0,9	0,3	-	-	-	5,9	1,3	глина	-	
7	35,3	40,2	4,9	-43,6	-48,5	4,9	801	0,8	1,1	1,6	293	0,9	2,6	1,2	песчаник	вода		
8	40,2	45,4	5,2	-48,5	-53,7	5,2	801	0,8	0,9	1,5	287	0,6	3,6	1,2	песчаник глинистый	вода		
9	45,4	48,8	3,4	-53,7	-57,1	3,4	805	0,7	0,8	1,3	285	0,5	2,2	1,3	песчаник	вода		
10	48,8	52,3	3,5	-57,1	-60,6	3,5	804	0,7	0,8	1,3	284	0,5	2,4	1,2	песчаник	вода		

Рисунок 1 — Геолого-геофизическая характеристика хвалынского водоносного горизонта

Абсолютные отметки уровня слабо изменяются с севера на юг от минус 24,0 до минус 24,9 м. Области местной разгрузки служат Каспийское море, многочисленные озёра и ильмени. Воды обладают пестрой минерализацией от 2–6 до 20–30 г/л, которая зависит от литологического состава пород, гипсометрического положения, удаленности от водотоков, а также климатических факторов. Воды горизонта хлоридного, сульфатно-хлоридно-натриевого или смешанного типа.

По направлению к северной части Астраханского региона (район оз. Баскунчак) водоносный горизонт морских хвалынских отложений (mQIII_hv) контактирует с хемогенными пермскими осадками, гидравлически связан с водами кунгурских отложений. По химическому составу здесь отмечены воды сульфатного типа с минерализацией от 0,3 до 5 г/л, при минерализации менее 1 г/л — гидрокарбонатно-натриевые, при большей минерализации хлоридно-натриевые [5; 11] или хлоридно-натриевые:



Водоносный хазарский морской горизонт (QmQII–IIIz) имеет повсеместное развитие, содержит напорные воды. Высота напора зависит от глубины залегания кровли водоносного пласта и составляет 14,6–28,0 м. Пьезометрический уровень устанавливается на глубинах 0,9–5,1 м, абсолютные отметки уровня от минус 25 до минус 26 м. Водонасыщенными являются пески и песчаники, выдержанного по площади водоносного слоя мощностью 1–15 м в верхней части хазарских отложений.

Мощность горизонта изменяется от 32 м в районе поймы до 56 м — на юге территории. Глубина кровли водоносного горизонта изменяется от 17 до 28 м, абсолютные отметки составляют от минус 39 до минус 48 м. Водоупорной кровлей служат хвалынские или одновозрастные глины. Водоупорной подошвой служит мощная пачка хазарских и бакинских глин. Дебиты воды колеблются от 0,2 до 17,0 м³/сут при понижении уровня 4–11 м. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,1 до 24 м/сут. Горизонт вмещает воды от соленых до рассольных с минерализацией от 7–18 до 77–84,5 г/л. Высокое количество солей характерно для участков пласта с низкими фильтрационными свойствами и замедленным водообменом [2].

В районе глубоких эрозионных врезов отмечаются гидравлические окна, через которые осуществляется связь с нижележащим водоносным горизонтом хазарских отложений, в связи с чем он рассматривается совместно.

Хазаро-хвалынский водоносный горизонт детально изучен по результатам инженерно-геологических изысканий и бурению гидрогеологических скважин. Водовмещающими породами служат средне- и крупнозернистые пески мощностью до 35 м. Водообильность горизонта высокая, обусловлена высокими фильтрационными свойствами песков, коэффициент фильтрации достигает 25–42 м/сут., водопроводимость 500–840 м²/сут., иногда уменьшается до 100–200 м²/сут. Дебиты вод достигают 0,1–30 м³/сут. Статический уровень устанавливается на глубине 1–10 м от поверхности земли. Минерализация вод изменяется от 10 до 40 г/дм³ и более при плотности 1,016–1,028 г/см³, водородный показатель среды колеблется от 7,4 до 8,1 ед. Воды по составу сульфатно-магниево-натриевые, хлоридно-магниево-натриевые с повышенным содержанием магния 22–27 %-экв, кальция 10–14 %-экв. В анионном составе преобладают хлориды 90–96 %-экв, сульфат ионы — 2–8 %-экв. Карбонаты, сероводород и гидросульфиды отсутствуют. Из микроэлементов присутствуют (мг/л): йод — 1,0–17,5, бром — 17–196, бор — до 47, аммоний — 10. Из водорастворённых газов определена двуокись углерода (свободная) — 40–66 мг/л. Гидрохимические показатели вод хвалынско-хазарского водоносных горизонтов представлены в таблице 2.

Пресные и слабосоленоватые воды хазарско-хвалынских отложений применяются в степной части территории области [6].

Бакинский водоносный горизонт (mIbk) представлен песчано-глинистой толщей с преобладанием глин, повсеместно развит на характеризуемой территории, залегает в интервале глубин 90–130 м. Граница с подстилающими породами эоплейстоцена проводится по подошве песчаного пласта на абсолютных отметках от минус 176 до минус 201 м. Вмещает напорные воды, дебиты вод при самоизливе колеблются в пределах 15–30 м³/сут., статический уровень устанавливается на глубине 3,5–5,0 м от поверхности земли. Минерализация вод изменяется от 13 до 37 г/дм³ и более, водородный показатель среды колеблется от 5,7 до 7,0 ед. В ионном составе преобладают хлориды, их содержание достигает 99 %-экв, ионы кальция — 7–21 %-экв, магния — 16–26 %-экв, натрия — 28–72 %-экв, практически отсутствуют сульфаты, карбонаты, сероводород и гидросульфиды (табл. 3).

Апшеронский водоносный горизонт mQea (регионарус в составе нижнего и верхнего звеньев эоплейстоценовых образований) повсеместно распространён на рассматриваемой территории и сложен терригенно-глинистыми морскими образованиями. Залегает в интервале глубин 180–720 м, мощность его более 500 м. Водовмещающими породами служат песчаники с пористостью 30–35 % (рис. 1). Нижним региональным водоупором покровного гидрогеологического комплекса является глинистая толща акчагыльского яруса мощностью 28–100 м, ниже которой развита вода исключительно рассольной минерализации. Геофизические свойства водонасыщенных пластов горизонта приведены на (рис. 2).

Таблица 2 — Гидрохимические показатели вод хвалынского-хазарского водоносных горизонтов

Гидрохимические показатели воды	Номера скважин									
	1 (ТЭЦ)	1 (Красный Яр)	715-1в	834-в	4	1/1в	545-1в	1в	57в	
Номер объекта	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Глубина отбора, м	3,0	12,0	29,39	20,94-28,54	17,0	115-122	29,77-38,51	8,5-10,0	23,1-25,9	
Возраст отложений	Q ₁ mlI hv+ tIV	Q ₁ mlI hv	Q ₁ mlI hv	Q ₁ mlhv+hz	Q ₁ hz	Q ₁ hz	Q ₁ mlI hv + hz	Q ₁ mlI hv	Q ₁ hz	
Солевой состав вод, мг/л / мг-экв-л										
Натрий	1 677,7 72,94 55,29	2 469,28 107,36 72,21	11 040 480 67,5 39 1,0 0,15	7 500 326,1 62,4 42 1,08 0,21	5 236,4 227,7 64,9	4 036,07 175,35 60,63	7 360 320 63,3 34 0,87 0,17	6 454,26 280,62 67,69	4 551,76 197,90 70,2	
Калий										
Кальций	470 23,45 17,78	520 26 17,49	1 220 61 8,6	1 110 55,5 10,6	461,06 23,01 6,51	921,8 46 15,69	1 380 69 13,6	440,88 22,04 5,3	641,3 32,06 11,36	
Магний	431,7 35,5 26,913	170,8 14 9,42	2030 169,2 23,8	1680 140 26,8	1228,53 102,4 28,6	826,9 68 23,48	1385 115,4 22,8	1361,92 112 27,01	632,3 52 18,45	
Хлориды	852 24,03 18,22	3 905,0 110,0 73,98	23 220 654,1 92	16 720 471 90,1	11 074,8 311,97 88,37	10 070 284 98,08	17 253 486,0 96,5	10 637,1 299,6 72,38	9 573,39 269,7 95,75	
Сульфат ион	4 460,4 92,87 70,47	1 296,23 27,01 18,17	2 337,6 48,7 6,85	2 058,2 42,9 8,2	1 282,7 26,7 7,55	83,95 1,75 0,61	417 8,69 1,73	5 074 105,7 25,54	85,59 1,78 0,63	
Гидрокарбонаты	915 15,01 11,38	683,2 11,2 7,53	510 8,4 1,2	540 8,8 1,7	793,89 13,01 3,68	231,87 3,8 1,31	531 8,7 1,74	524,76 8,6 2,07	622,4 10,2 3,62	
Карбонаты	0	0	Отс.	Отс.	42,03 1,40 0,40	Отс	Отс.	Отс	Отс	

Продолжение табл. 2

Гидрохимические показатели воды	Номера скважин									
	1 (ТЭЦ)	1 (Красный Яр)	715-1в	834-в	4	1/1в	545-1в	1в	57в	
Минерализация, мг/л	9 200	9 000	40 397 711,2	29 650	20 120	16 170,89	28 360	24 513	16 106,77	
Йодид ион Бромид ион Бор				1,46 196	1,60 145		17,5 17,02			
				Микрокомпоненты, мг/л						
				Генетические коэффициенты						
rNa/rCl	3,04	0,98	0,73	0,74	0,69	0,73	0,66	0,94	0,73	
rNa-rCl/rSO ₄	0,53			0	0					
rCl-rNa/rMg		0,19	1,03	1,24	1,03	0,82	1,43	0,17	1,38	
Cl/Br				118,5	115,3		1 013,7			
V/Br										
V/Cl										
Тип воды по Сулину В. А.	СН	ХМ	ХК	ХК	ХК	ХМ	ХК	ХМ	ХК	
Тип воды	Сульфатно-магневая натриевая	Хлоридно-натриевая	Хлоридно-натриевая	Хлоридно-магний-натриевая	Хлоридно-магний-натриевая	Хлоридно-магний-натриевая	Хлоридно-магний-натриевая	Сульфатно-хлоридно-магневая натриевая	Хлоридно-натриевая	
Плотность воды, г/см ³	1,028	1,020		1,028	1,020		1,021			
pH	8,1	7,7	-	7,5	7,8	7,7	7,4			
Формула ионно-солевого состава	Mg ²⁺ SO ₄ 70 Cl ⁻ 18 HCO ₃ 11 Na ⁺ 55 Mg ²⁺ 27 Ca ²⁺ 18 pH 8,1	Cl 74 SO ₄ 18 HCO ₃ Na 72 Ca18Mg9 pH 7,7	Cl 74 SO ₄ 18 HCO ₃ Na 72 Ca18Mg9 pH	Cl 90 SO ₄ 8 HCO ₃ Na 62 Mg27 Ca1 M ₂₉ pH 7,5	Cl 90 SO ₄ 8 HCO ₃ Na 63 Mg 27 Ca1 M ₂₀ pH 7,8	Cl 89 SO ₄ 7 HCO ₃ Na 65 Mg28 Ca7 M ₁₆ pH 7,7	Cl 96 SO ₄ 2 HCO ₃ Na 64 Mg23 Ca1 CO ₃ 40M ₂₈ pH 7,4	Cl 72 SO ₄ 26 HCO ₃ 2 Na 68 Mg 27 Ca5 M ₂₄ pH	Cl 96 SO ₄ 1 HCO ₃ Na 70 Mg 18 Ca M ₁₆ pH	

Стратиграфия	N	относительные значения глубины			абсолютные значения глубины			Дскв	ρ _{к^{ЭК}}	ρ _{к^{НММОСА}}	ρ _{к^{АЗМОЛН}}	ПС	αПС	ГК	НГК	Литология	Насыщенность
		Интервал, м		Н ₁ , м	Интервал, м		Н ₂ , м										
		кровля	подшова		кровля	подшова											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Сарп	37	222.4	225.9	3.5	-230.7	-234.2	3.5	521	0.9	1.2	1.7	285	0.5	3.5	1.2	песчаник	вода
	38	225.9	230.6	4.7	-234.2	-238.1	4.7	534	1.0	1.3	2.0	279	0.2	7.8	1.1	глина	-
	39	230.6	231.7	1.1	-238.9	-240.0	1.1	526	0.9	1.3	1.9	283	0.4	3.3	1.2	песчаник	вода
	40	231.7	234.7	3.0	-240.0	-243.0	3.0	579	1.0	1.3	1.9	283	0.4	4.3	1.2	песчаник глинистый	-
	41	234.7	235.9	1.2	-243.0	-244.2	1.2	566	0.8	1.2	2.1	283	0.4	2.8	1.2	песчаник	вода
	42	235.9	238.3	2.4	-244.2	-246.6	2.4	558	0.9	1.2	1.9	282	0.4	5.1	1.1	песчаник глинистый	-
	43	238.3	241.2	2.9	-246.6	-249.5	2.9	534	0.8	1.0	1.6	286	0.6	2.6	1.2	песчаник	вода
	44	241.2	242.6	1.4	-249.5	-250.0	1.4	622	0.8	1.0	1.4	285	0.5	3.9	1.2	песчаник глинистый	-
	45	242.6	248.0	5.4	-250.0	-256.3	5.4	689	0.7	0.9	1.4	285	0.5	2.9	1.2	песчаник	вода
	46	248.0	251.5	3.5	-256.3	-259.0	3.5	525	0.8	1.0	1.7	279	0.2	7.9	1.1	глина	-
	47	251.5	258.4	6.9	-259.0	-266.7	6.9	551	0.8	1.1	1.5	285	0.5	2.7	1.2	песчаник	вода
	48	258.4	279.4	21.0	-266.7	-267.7	21.0	524	1.0	1.3	2.0	279	0.2	6.6	1.1	глина	-
	49	279.4	282.5	3.1	-267.7	-269.0	3.1	517	1.0	1.3	2.1	284	0.5	5.4	1.2	глина	-
	50	282.5	285.0	2.5	-269.0	-269.3	2.5	521	0.9	1.2	1.9	285	0.5	4.3	1.2	песчаник глинистый	-
	51	285.0	288.9	3.9	-269.3	-267.7	3.9	520	1.0	1.3	2.0	282	0.4	6.4	1.1	глина	-
	52	288.9	291.8	2.9	-267.7	-269.0	2.9	517	1.0	1.3	2.1	284	0.5	5.5	1.2	глина	-
	53	291.8	295.1	3.3	-269.0	-269.3	3.3	515	0.9	1.1	1.7	286	0.6	4.2	1.2	песчаник глинистый	-
	54	295.1	314.0	18.9	-269.3	-322.3	18.9	556	1.1	1.3	2.1	282	0.4	6.4	1.1	глина	-
	55	314.0	316.4	2.4	-322.3	-324.7	2.4	563	0.8	1.1	1.8	287	0.6	4.2	1.2	песчаник глинистый	-
	56	316.4	318.6	2.2	-324.7	-326.0	2.2	525	1.0	1.1	1.7	285	0.5	6.4	1.1	глина	-
57	318.6	326.9	8.3	-326.0	-335.2	8.3	663	0.7	0.9	1.4	291	0.8	2.1	1.2	песчаник	вода	
58	326.9	328.7	1.8	-335.2	-337.0	1.8	540	0.9	0.9	1.4	290	0.8	3.9	1.2	песчаник глинистый	-	
59	328.7	334.8	6.1	-337.0	-343.1	6.1	699	0.7	0.9	1.2	291	0.9	2.4	1.2	песчаник	вода	
60	334.8	339.9	5.1	-343.1	-348.2	5.1	680	0.9	1.2	1.6	288	0.7	3.9	1.2	песчаник глинистый	-	
61	339.9	349.0	9.1	-348.2	-357.3	9.1	515	1.1	1.5	2.3	-	-	6.7	1.1	глина	-	

Рисунок 2 — Геолого-геофизическая характеристика пород-коллекторов апшеронского водоносного горизонта

Водоносный горизонт (mQea) содержит напорные самоизливающиеся воды, с дебитами 100–200 м³/сут, реже — до 300 м³/сут. Статический уровень устанавливается на глубинах до 12,4 м. Минерализация вод 16–60 г/дм³ и более при плотности 1,015–1,022 г/см³, водородный показатель до 6,0–8,0 ед. Воды хлоридные натриевые хлоркальциевого типа. Нижняя часть апшеронского горизонта содержит хлоридные натриевые воды с минерализацией до 150 г/дм³ при плотности от 1,050 до 1,090 г/см³.

В ионном составе преобладают хлориды, их содержание достигает 99 %-экв, ионы кальция — 7–12 %-экв, магния — 16 %-экв, натрия — 72 %-экв, практически отсутствуют сульфаты, гидрокарбонаты, карбонаты, сероводород и гидросульфиды (табл. 3). Сероводород и гидросульфиды отсутствуют. По классификации В. А. Сулина воды относятся к хлоридно-кальциевому типу. Подземные воды минерализованных хазарских, бакинских и апшеронских отложений используются для производственно-технического водоснабжения при бурении глубоких скважин на нефть и газ (технические воды).

Воды покровного комплекса используются в качестве технических при строительстве разведочных и эксплуатационных скважин для приготовления промывочных жидкостей. Гидрохимические показатели вод перечисленных водоносных горизонтов приведены в таблице 1.

Обобщённый вещественный состав вод покровного комплекса может быть представлен формулой Курлова:

$$\text{CO}_240 \text{ M } 9-45 \frac{\text{Cl } 90-99 \text{ SO}_4 2-8 \text{ HCO}_3 1-2}{\text{Na } 52-71 \text{ Mg } 17-28 \text{ Ca } 9-22} \text{ pH } 5,7-8,1 \text{ p } 1,012-1,029$$

По классификации В. А. Сулина, в покровном водоносном комплексе преобладают воды хлоридно-кальциевого типа. Реже отмечены воды хлоридно-магниевого, сульфатно-натриевого типов.

Для определения генезиса и степени метаморфизма подземных вод покровного ВК можно использовать такие генетические показатели, как отношение rNa/rCl, rNa-rCl/rSO₄, Cl/Br, B/Br, В/Cl [3; 4].

Таблица 3 — Гидрохимические показатели вод четвертичных водоносных горизонтов

Гидрохимические показатели воды	Номера скважин				Солевой состав вод, мг/л. / мг-экв-л.
	113/4	2-Б	1-В	114/1	
Номер объекта	12	13	14	15	86в
Глубина отбора, м	100–110	116–131,5	140,2–146,8	забой	94–104
Возраст отложений	Q _{ар}	Q ₁ mlbk	Q _{е ар}	Q _{е ар}	Q ₁ mlbk
Натрий	8 528,4	5 460,8	5 807,96	10 300,09	3 382,9
Калий	370,4	237,4	252,52	447,83	147,08
	71,3	52,1	57,1	56,7	52,5
		22,5			
Кальций	1 262,5	1 950,5	1 523,04	2 364,72	1 162,3
	63,0	97,3	76	118	58,1
	12,1	21,3	17,2	14,9	20,8
Магний	1 033,6	1 463,4	1 386,24	2 723,84	899,8
	86,1	120,4	114	224	74,98
	16,6	26,4	25,8	28,4	26,8
Хлориды	18 518	16 050	15 691,0	25 708,5	9 786
	522,0	452,6	442,0	725,2	276
	99,5	99,3	99,8	92,3	98,88
Сульфат ион	30,0	18,1	10,51	2600	16,96
	0,63	0,38	0,22	54,17	0,35
	0,12	0,08	0,05	6,9	0,12
Гидрокарбонаты	122,0	164	18,30	372,1	170,85
	2,0	2,7	0,3	6,1	2,8
	0,38	0,6	0,07	0,78	1,0
Карбонаты	Отс.	Отс	Отс.	Отс.	—
Минерализация, мг/л	29 803,6	16 232,1	24 437,0	44 262,39	15 418,31
Микрокомпоненты, мг/л:					
Йодид ион	10,75	29,6	9	12,9	—
Бромид ион	66,6	82,6	23	105,29	—
Бор	40,7	1,8	—	47,5	—

Продолжение табл. 3

Гидрохимические показатели воды	Номера скважин				86в
	113/4	2-Б	1-В	114/1	
гNa/гCl	0,71	0,57	0,57	0,62	0,53
гNa-гCl/гSO ₄	—	—	—	—	—
гCl-гNa/гMg	1,76	1,79	1,66	1,24	1,72
Cl/Br	278,0	194,3	682,2	244,2	—
B/Br	0,61	0,02	—	0,45	—
B/Cl	0,002	0,0001	—	0,002	—
Тип воды по Сулину В. А.	ХК	ХК	ХК	ХК	ХК
Тип воды	Хлоридно-кальциево-магниевонариевая	Хлоридно-кальциево-магниевонариевая	Хлоридно-магниевонариевая	Хлоридно-магниевонариевая	Хлоридно-кальциево-магниевонариевая
Плотность воды, г/см ³	1,018	1,016	1,017	1,029	—
pH	6,45	5,7	6,5	6,95	—
Формула ионно-солевого состава	Cl 99,5 Na 71 Mg 17 Ca 12 M ₃₀ pH 6,5	Cl 99,5 Na 52 Mg 26 Ca 22 M16 pH 5,7	Cl 99,5 Na 57 Mg 26 Ca 17 M24 pH 5,7	M44 pH 5,7	M15 pH

Отношения rNa/rCl , $rNa-rCl/rSO_4$, $rCl-rNa/rMg$ используются для определения степени метаморфизма и генезиса подземных вод. Так, если в морской воде отношение rNa/rCl равно 0,85, то в процессе катагенного концентрирования растворов, сопровождающимся уменьшением доли натрия, за счёт увеличения относительного количества кальция, оно будет уменьшаться. Этот процесс отражает, как ионный обмен магния на кальций (доломитизация карбонатного материала), так и накопление хлоридов кальция, имеющих значительно большую растворимость, чем хлорид натрия. В природных рассолах, в которых кальций становится первым преобладающим катионом, отношение rNa/rCl уменьшается иногда до 0,1–0,2, притом, что обычные значения для рассолов с минерализацией 200–300 г/дм³ составляют 0,5–0,6. По отношению rNa/rCl , $rCl-rNa/rMg = 0,53–0,59$ образцы вод 1.2.5.6.7.9.11-16 представляют собой метаморфизованные седиментогенные воды хлоридного кальциевого типа по классификации В. А. Сулина. Вода объекта 3 относится к сульфатно-натриевому типу имеет континентальное происхождение, вода объектов 4, 8, 10 относится к хлормагневиному типу и представляет собой воду бассейна осадконакопления [4].

Отношение хлора к бромю Cl/Br (в мг/л) так называемый хлор-бромный коэффициент в подземных водах характеризует гидродинамическую обстановку, степень гидрогеологической закрытости недр и условия формирования состава подземных вод бассейна. Для морской воды он равен 300. В зонах замедленного водообмена и застойного режима происходит накопление брома и хлор-бромный коэффициент становится меньше 300; в раскрытых бассейнах с водами инфильтрационного происхождения его значение намного выше 300. Пониженное значение хлор-бромного коэффициента может рассматриваться как показатель возможной нефтегазонасыщенности [9]. По отношению Cl/Br (объекты 6, 7, 12, 13, 15) равному 115–278 (что меньше чем для морской воды) соответствуют зоне замедленного водообмена и застойного режима и относятся к седиментогенным по генезису. Воды объектов 9 и 14 относятся к инфильтрационным (рассолам выщелачивания), образовавшимся при растворении галита, о чем свидетельствует высокие значения коэффициента Cl/Br равные 1 013,7 и 682,0.

Коэффициент B/Br используется также для определения генезиса глубинных вод. Соотношение B/Br близкое к единице может свидетельствовать о разбавлении седиментационных вод глубинными флюидами по имеющимся нарушениям. При отношении B/Br 0,022 (0,07–0,18 для океанической воды) проба объекта 13 представляет собой пластовую воду, происхождение которой связано с древними бассейнами осадконакопления; пробы воды объектов 12 и 15 по соотношению $B/Br = 0,45–0,61$ можно отнести к элизионно-инфильтрационному типу [3].

Отношение B/Cl достаточно сильно различается в разных генетических типах вод. В океанических и поверхностных водах, подверженных сильному испарению, отношение B/Cl около 0,0002. По коэффициенту $B/Cl = 0,0001–0,002$ вода объектов 12, 13, 15 представляют собой воды, происхождение которых связано с древними бассейнами осадконакопления, подверженных сильному испарению.

Выводы

Подземные воды верхней геодинамической зоны юго-западной части Прикаспия весьма разнообразны по химическому составу, минерализации и генезису. Находятся в зоне активного и затруднённого водообмена. Природные гидрогеохимические условия верхней гидрогеодинамической зоны характеризуются значительной литологической неоднородностью пород и минерализацией вод, которая изменяется в диапозоне от первых единиц до 40 и более г/л. Компонентный состав вод варьирует от сульфатно-натриевого, хлоридно-магневиового, хлоридно-натриевого, хлоридно-кальциево-магневио-натриевого, хлоридно-магневио-кальциево-натриевого по мере увеличения минерализации с повышенным содержанием хлоридов, натрия, кальция и магния. Отмечается очень низкое содержание гидрокарбонатов и сульфатов в водах аллювиального, бакинского и апшеронского водоносных горизонтов.

По соотношению генетических коэффициентов Cl/Br , B/Br , B/Cl воды анализируемых объектов распределены следующим образом:

- 1) по всем генетическим коэффициентам вода объекта 13 седиментогенного генезиса;
- 2) вода объектов 9,14 инфильтрационного генезиса;
- 3) вода седиментогенного (объекты 6, 7, 12, 13, 15) или смешанного седиментогенно-инфильтрационного генезиса (объекты 1, 2, 5, 11);
- 4) вода объекта 3 континентального генезиса;
- 5) вода объектов 4, 8, 10 морского генезиса.

Процесс формирования состава вод обусловлен процессами сульфатредукции, растворением ионно-солевого комплекса, континентальным засолением вследствие испарения. Согласно классификации [9], воды четвертичных отложений относятся к подтипу П.2.

Список литературы

1. Барановская Е. И. Схематическое районирование территории Прикаспийского артезианского бассейна по формированию подземных вод верхней гидрогеодинамической зоны // Вестник Московского университета. Сер. 4: Геология. 2014. № 2. С. 29–34.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Нижневолжская. Лист L-39-XIII (Астрахань). Объяснительная записка / Н. М. Богатова, О. В. Симонова, Е. В. Титова. Москва: ВСЕГЕИ, 2021. 61 с.
3. Киреева Т. А. К методике оценки эндогенной составляющей глубоких подземных вод // Вестник Московского университета. Сер. 4: Геология. 2009. № 1. С. 54–57.
4. Киреева Т. А. Гидрогеохимия. Конспект лекций. Москва: Московский ун-т, 2016. 197 с.
5. Куриленко В. В. Современные бассейны эвапоритовой седиментации. Геология. Гидрогеология. Генезис. Рациональное недропользование и охрана окружающей среды. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский ун-т, 1997. 376 с.
6. Мязина Н. Г. Подземные воды зоны активного водообмена бортовой зоны Прикаспийской впадины // Водное хозяйство России. Екатеринбург. 2013. № 3. С. 81–85.
7. Мязина Н. Г. Вертикальная гидрогеохимическая зональность подземных вод Прикаспийской впадины // Геология, география и глобальная энергия. 2013. № 4 (51). С. 59–61.
8. Николаев Ю. П., Синяков В. Н., Серебряков А. О., Серебряков О. И. Инженерная геология и полезные ископаемые Прикаспия. Астрахань: ЦНТЭП, 2007. 492 с.
9. Посохов Е. В. Общая гидрогеохимия. Ленинград: Недра, 1975. 208 с.
10. Токарев Н. Н. Сводный отчет по изучению режима подземных вод Астраханской области / Н.Н.Токарев // Отчет гидрогеологического отряда о результатах работ, проведенных в 1986–1999 гг.). Астрахань: Фонды ПГГЭ, 1992.
11. Ушивцева Л. Ф., Соловьева А. В. Гидрогеохимические особенности подземных вод четвертичного комплекса отложений Баскунчакского гипсово-соляного массива // Геология, география и глобальная энергия. 2015. № 1. С. 92–100.
12. Шаронов Н. В., Петров П. В. Отчёт о поисках и разведке подземных вод для водоснабжения города Астрахани. Астрахань: Фонды ПГГЭ, 1973.

References

1. Baranovskaya E. I. Schematic zoning of the territory of the Caspian Artesian basin based on the formation of groundwater of the upper hydrogeodynamic zone. *Bulletin of Moscow University. Series 4 "Geology"*. 2014;2:29–34 (In Russ.).
2. Bogatova N. M., Simonova O. V., Titova E. V. State Geological Map of the Russian Federation scale 1:200 000. Second edition. Lower Volga series Sheet L-39-XIII (Astrakhan). Explanatory note. Moscow: Moscow branch of FSBI "VSEGEI"; 2021:61 (In Russ.).
3. Kireeva T. A. On the methodology for assessing the endogenous component of deep groundwater. *Bulletin of Moscow University. Series 4 "Geology"*. 2009;1:54–57 (In Russ.).
4. Kireeva T. A. *Hydrogeochemistry. Lecture notes*. Moscow: Moscow State University; 2016:197 (In Russ.).
5. Kurylenko V. V. *Modern pools of evaporite sedimentation. Geology. Hydrogeology. Genesis. Rational subsoil use and environmental protection*. St. Petersburg: St. Petersburg University; 1997:376 (In Russ.).
6. Myazina N. G. Underground waters of the zone of active water exchange of the onboard zone of the Caspian depression. *Water economy of Russia*. Yekaterinburg: 2013;3:81–85.
7. Myazina N. G. Vertical hydrogeochemical zonality of the subsurface waters of the Caspian Depression. *Geology, geography and global energy*. 2013;4(51):59–61 (In Russ.).
8. Nikolaev Yu. P., Sinyakov V. N., Serebryakov A. O., Serebryakov O. I. *Engineering geology and minerals of the Caspian Sea*. Astrakhan: TSNTPEP; 2007:492 (In Russ.).
9. Posokhov E. V. *General hydrogeochemistry*. Leningrad: Nedra; 1975:208 (In Russ.).
10. Tokarev N. N. Summary report on the study of the groundwater regime of the Astrakhan region. *Report of the hydro-regime detachment on the results of the work carried out in 1986–1999.* Astrakhan: PGE Funds; 1992 (In Russ.).
11. Ushivtseva L. F., Soloveva A. V. Hydrogeochemical features of underground waters of the quaternary complex of deposits of the Baskunchak gypsum-salt massif. *Geology, Geography and Global Energy*. 2015;1:92–100 (In Russ.).
12. Sharonov N. V., Petrov P. V. *Report on the search and exploration of groundwater for the water supply of the city of Astrakhan*. Astrakhan: PGE Funds; 1973 (In Russ.).

Информация об авторах

Ушивцева Л. Ф. — кандидат геолого-минералогических наук, доцент;
Махмудова В. Э. — студент;
Яровлавец И. О. — студент.

Information about the authors

Ushivceva L. F. — Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Associate Professor;
Makhmudova V. E. — 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 26.06.2023; одобрена после рецензирования 17.07.2023; принята к публикации 28.07.2023.

The article was submitted 26.06.2023; approved after reviewing 17.07.2023; accepted for publication 28.07.2023.

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

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 55–60.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):55–60 (In Russ.).

Научная статья

УДК 551.5

https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_55

ПЛОТНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРОВОВЫХ РАЗРЯДОВ ПО СЕВЕРО-КАВКАЗСКОМУ ФЕДЕРАЛЬНОМУ ОКРУГУ®

Аджиев Анатолий Хабасович¹, Шагин Сергей Иванович², Кереева Залина Музариновна^{3✉},
Дахова Оксана Олеговна⁴

^{1,3} Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия

^{2,4} Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова, Нальчик,
Россия

¹ adessa1@yandex.ru

² uniid-sergey@yandex.ru

³ zknyaz-kbsu@mail.ru✉

⁴ dakhva@rambler.ru

Аннотация. Грозы относятся к опасным метеорологическим явлениям. Они наносят ущерб многим отраслям экономики, авиации, сельскому хозяйству, энергетике и т. д. В работе приводятся результаты исследований грозовой деятельности на территории Северной Осетии-Алания. С освоением горных территорий и созданием всесезонного туристического комплекса (ВТРК) «Мамисон» такие исследования в настоящее время актуальны. Создаваемые в высокогорных зонах Большого Кавказа рекреационные зоны включают такие объекты, как высоковольтные линии электропередач, высотные мачты канатных дорог, подвесные тросы канатных дорог. Они сильно подвержены воздействию молниевых разрядов и грозовым перенапряжениям. Работа выполнялась с использованием данных грозорегистрационной сети ФГБУ «ВГИ» LS8000. В статье приведены результаты измерений распределения плотности грозовых разрядов по территории СКФО, среднестатистические значения токов молний «облако – земля». Показано, что на рассматриваемой территории средние значения токов в канале молнии по данным грозорегистратора LS8000 варьируют от 12 до 47 кА. Наименьшее значение 12 кА определено для территории КБР и Ставропольского края, наибольшее значение 47 кА — на территории Республики Дагестан.

Ключевые слова: гроза, плотность грозовых разрядов, сила тока, Северный Кавказ, радиолокация, орография

Для цитирования: Аджиев А. Х., Шагин С. И., Кереева З. М., Дахова О. О. Плотность распределения грозовых разрядов по Северо-Кавказскому федеральному округу // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 55–60. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_55.

Благодарности: работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (Соглашение № 23-17-20001).

LIGHTNING DISTRIBUTION DENSITY IN THE NORTH CAUCASUS FEDERAL DISTRICT

Anatoly Kh. Adzhiev¹, Sergey I. Shagin², Zalina M. Kerreeva^{3✉}, Oksana O. Dakhova⁴

¹ adessa1@yandex.ru

² uniid-sergey@yandex.ru

³ zknyaz-kbsu@mail.ru✉

⁴ dakhva@rambler.ru

Abstract. Thunderstorms are dangerous meteorological phenomena. They cause damage to many sectors of the economy, aviation, agriculture, energy, etc. The paper presents the results of studies of thunderstorm activity in the territory of North Ossetia-Alania. With the development of mountainous territories and the creation of an all-season tourist complex (ATRC) "Mamison", such studies are currently relevant. Recreational zones created in the high-mountainous zones of the Greater Caucasus include such facilities as high-voltage power lines, high-rise masts of cable cars, suspension cables of cable cars. They are highly susceptible to lightning strikes and lightning surges. The work was carried out using data from the lightning network of the FGBU VGI LS8000. The article presents the results of measurements of the distribution of the density of lightning discharges over the territory of the North

Caucasus Federal District, the average statistical values of the cloud-to-ground lightning currents. It is shown that in the territory under consideration, the average values of currents in the lightning channel, according to the data of the LS8000 lightning detector, vary from 12 kA to 47 kA. The smallest value of 12 kA is determined for the territory of the KBR and the Stavropol Territory, the largest value of 47 kA in the territory of the Republic of Dagestan.

Keywords: thunderstorm, lightning discharge density, current strength, North Caucasus, radar, orography

For citation: Adzhiev A. Kh., Shagin S. I., Kerefova Z. M., Dachova O. O. Lightning distribution density in the North Caucasus federal district. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;3(90):55–60. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_55 (In Russ.).

Acknowledgements: the work was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation (Agreement No. 23-17-2001).

Введение

Грозы относятся к наиболее опасным явлениям погоды. Они наносят значительный ущерб многим отраслям экономики, энергетике, авиации и др. Часто молнии, сопровождающие грозы, являются основной причиной при лесных пожарах. Знания параметров молний и их характеристик важны при молниезащитных мероприятиях. Поэтому своевременное прогнозирование молний имеет существенное значение.

В работе исследуются особенности грозовой деятельности на территории Северная Осетия-Алания. Такая работа в настоящее время актуальна в связи с созданием в горной его части всесезонного туристического комплекса (ВТРК) «Мамисон».

В работе рассматривается самый маленький из федеральных округов России, расположенный на юге страны. Население Северо-Кавказского федерального округа (СКФО) составляет 10,2 млн человек. В рассматриваемой территории наблюдается наибольшее число грозовых дней и продолжительности гроз, что может объясняться наличием разнообразного рельефа. При регистрации молниевых разрядов важную роль играет топография местности. Рельеф сложный, на этой территории находится часть Кавказского хребта, Ставропольская возвышенность, встречаются равнины. На климат Северо-Кавказского федерального округа влияют моря: Чёрное, Каспийское и Азовское, а также немаловажное влияние оказывают высокие горы. Как известно, климат равнин отличается от климата высокогорья, иногда высота местности над уровнем моря и рельеф определяют климат.

Методы исследования

До недавних времен регистрация грозовых разрядов производилась визуально-слуховым методом либо радиолокационными измерениями. Но в современном мире, где развиваются технологии, увеличивается и потребность в качестве и объеме получаемой метеорологической информации. Работа выполнена с использованием данных грозорегистратора LS8000 фирмы “Vaisala” в ФГБУ «ВГИ» [1; 2]. Данная грозопеленгационная сеть (ГПС) развернута впервые в России в 2008 г., состоит из четырёх датчиков, расположенных в Черкесске (КЧР), Зеленокумске, Кызбурун-1 (КБР) и Ставрополе (рис. 1).

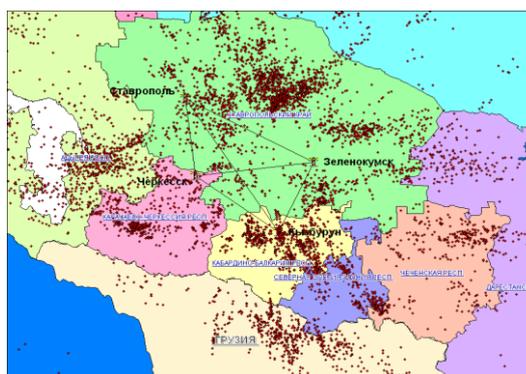


Рисунок 1 — Расположение грозопеленгаторов LS8000 и пример регистрации молниевых разрядов

С 2020 г. дополнена ещё двумя датчиками LS7002 той же фирмы, которые расположены в Кореновске и Туапсе (Краснодарский край). ГПС даёт обширную информацию о параметрах молниевых разрядов. Например, координаты разряда молнии, дату и время регистрации события, разделение на облачные и наземные разряды, а наземные, в свою очередь, разделяются ещё на разряды положительной и отрицательной полярности. ГПС определяет силу тока в канале молнии (в кА) и другие характеристики разряда.

Результаты

На рисунке 2 представлена гистограмма распределения плотности грозовых разрядов на территориях субъектов, входящих в СКФО за период с 2009 по 2015 г.

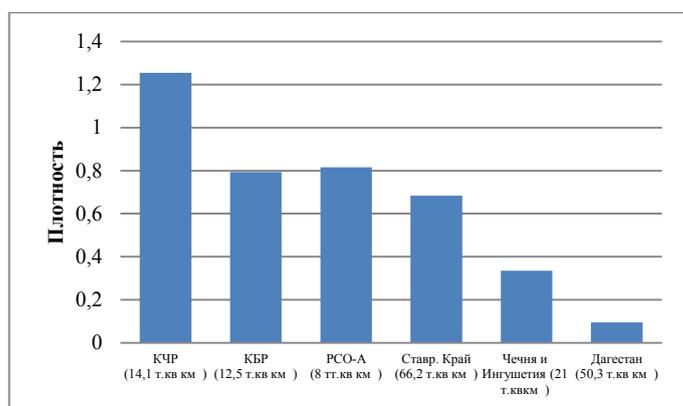


Рисунок 2 — Среднее значение плотности грозовых разрядов на территории субъектов СКФО за 2009–2015 гг.

Наибольшая плотность наблюдается в КЧР (площадь 14,1 тыс. км²) и составляет 1,25 разр/км² в год, наименьшая плотность — в Дагестане (площадь 50,3 тыс. км²) — 0,09 разр/км² в год. Известно, что наземные молниевые разряды наиболее часто фиксируются на высоте от 1 до 2 км.

Одной из задач в данной работе было получение среднестатистических значений токов наземных молний за период 2009–2015 гг. на территории отдельных субъектов Северо-Кавказского федерального округа (табл. 1).

Таблица 1 - Значения токов молний, различной полярности на территории СКФО.

Субъекты	Токи в канале молнии				
	И _{ср} +, кА	И _{ср} -, кА	И _{мед} +, кА	И _{мед} -, кА	И _{ср} , кА
КЧР	28,47	-16,1	15,96	-11,67	17,31
КБР	31,88	-12,45	15,46	-6,75	14,04
Северная Осетия	31,89	-16,54	14,25	-11,38	18,44
Ставропольский край	30,61	-12,79	21,17	-11,33	14,45
Чечня и Ингушетия	45,13	-23,61	15,5	-12,08	27,23
Дагестан	47	-29,5	24,04	-23,63	33,82

Средние абсолютные значения токов молний вычислялись по данным ГПС с помощью выражения (1).

$$|I_{ср}| = \frac{I_{ср}^- * N^- + I_{ср}^+ * N^+}{N^- + N^+} \quad (1)$$

I_{ср} + - среднее значение тока положительной полярности,

I_{ср}- это среднее значение тока отрицательной полярности,

I_{мед}+ - медиана положительных токов,

I_{мед}- - медиана отрицательных токов,

|I_{ср}| - средние значения тока по модулю,

N⁻ - количество зарегистрированных молний «облако-земля» отрицательной полярности,

N⁺ - количество зарегистрированных молний «облако-земля» положительной полярности.

На рисунке 3 представлена гистограмма распределения средних значений силы тока в канале молнии как положительных, так и отрицательных полярностей на территориях субъектов, входящих в СКФО.

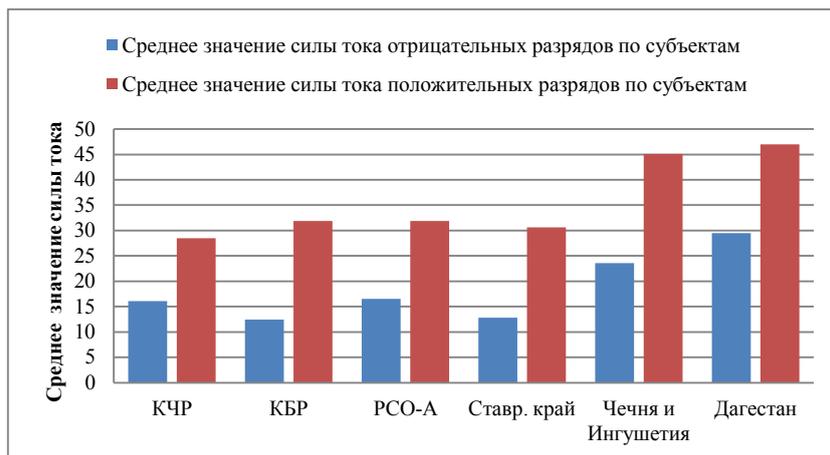


Рисунок 3 – Распределение средних значений тока молнии.

Среднее значение силы тока положительных разрядов меняется от 28 до 47 кА, а отрицательных разрядов – от 12 до 29 кА.

Наименьшее среднее значение силы тока отрицательной полярности, равное 12 кА определено для территории КБР и Ставропольского края, наибольшее среднее значение силы тока положительной полярности наблюдается на территории Республики Дагестан - 47 кА. Исследования авторов [3,4] показывают, что пространственная неоднородность характеристик молниевой активности существует как для территорий со сложным рельефом, так и для равнинных территорий.

Можно сделать заключение, что значительная неоднородность по территории СКФО распределений средних значений токов молний «облако-земля» определены неоднородностью орографии и особенностями увлажнения земли (количеством осадков).

Особенности рельефа создают нестандартные условия развития грозовых процессов на территории Северо-Кавказского федерального округа. Высокая молниевая активность на сравнительно небольших высотах исследуемой области связана с тем, что на этой территории имеются высокогорное плато (Бермамыт и Шаджатмаз) с характерной горно-долинной циркуляцией, которая в сочетании с влажными воздушными массами, приходящими с запада создает благоприятные условия для развития гроз [5].

Рельеф территории субъектов СКФО и Ставропольского края характеризуются следующими особенностями:

В Дагестане средняя высота составляет 960 м. Значительная часть площади (44,3%) занята низменностями, полоса предгорий (от 200 до 1000 м), занимающая переходное положение от низменности к горам, составляет 15,8 %. Горами средней высоты (от 1000 до 2000 м) занято 17,7 %. На остальную часть, лежащую на высоте свыше 2000 м, приходится 22,2%.

Республика Ингушетия самый маленький регион в СКФО, располагается на предгорьях Большого Кавказского хребта. На его территории также расположены прилегающие к нему малые хребты. Горы в основном занимают южную часть, а в северной части есть долины, на которых располагаются степи.

Кабардино-Балкарская республика расположена в трех геоморфологических зонах: равнинная, горная и предгорная, при этом последние два занимают большую часть территории региона. Равнины расположены в северо-восточной части. Через КБР проходят пять главных хребтов Большого Кавказа. Именно на территории КБР расположена самая высокая точка России – гора Эльбрус (5642 м).

Около 80% территории Карачаево-Черкесской республики находится в горной местности, часть занимают хребты Большого Кавказа, есть зоны предгорья и предгорной равнины. Богата водными ресурсами, здесь больше 130 высокогорных озер, множество рек (в частности здесь начинается река Кубань).

Республика Северная Осетия-Алания. Север региона расположен на Ставропольской равнине, на юге горные районы (Главный хребет Большого Кавказа), высочайшая точка это гора Казбек (5 033 м). В целом, около половины территории региона приходится на горные районы.

Территорию Чеченской республики делят на четыре части: Терско-Кумская низменность, Чеченская равнина, Терско-Сунженская возвышенность и Горная Чечня. Северная часть региона представляет собой равнину, которая идет до реки Терек. Южнее уже начинаются предгорные и горные районы, высочайшей точкой региона является гора Тебулосмта — 4493 метров.

Большая часть Ставропольского края занята Ставропольской возвышенностью, на востоке Терско-Кумской низменностью. Часть территории занята предгорьями с высочайшей точкой 1603 метров. Также стоит отметить, что Ставропольский край очень богат минеральными лечебными водами. Климат в регионе умеренно континентальный, теплый.

На рисунке 4 представлены значения удельной поражаемости территорий Ставропольского края и субъектов РФ на Северном Кавказе. На рисунке приведены средние высоты над уровнем моря рассматриваемых территорий.

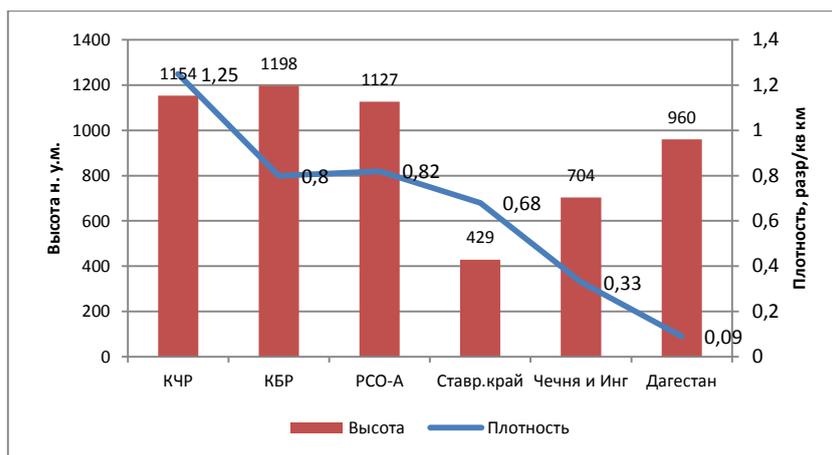


Рисунок 4 – Удельная поражаемость территории Ставропольского края и субъектов РФ на Северном Кавказе наземными молниями.

Как видно из рисунка 4, удельная поражаемость не зависит от высоты рассматриваемых территорий. Так, Ставропольском крае со средней высотой над уровнем моря в 429 м в два раза больше поражаемость наземными молниями, чем территория Дагестана, где средняя высота над уровнем моря составляет около 960 м.

Приведенные на данном рисунке данные свидетельствуют, что грозопоражаемость территорий на Северном Кавказе убывает с запада на восток. Годовая поражаемость на Кавказе около 1,2 разр/км² год (КЧР, КБР). На территории Центрального Кавказа 0,33-0,82 разр/км² год (СО-А, Ставропольский край, Чечня, Ингушетия) и на восточном Кавказе (Дагестан) – 0,09 разр/км².

Проведенный анализ количества наземных молний, зафиксированных на территориях Ставропольского края и субъектов РФ на Северном Кавказе за период с 2009 по 2015 гг. показывает, что наибольшее их количество регистрируется на территориях Западного Кавказа. В КЧР – 11642 разряда отрицательной полярности и 12170 разрядов положительной полярности, в КБР 63643 – отрицательных разрядов и 5663 положительных разрядов.

На территории Центрального Кавказа – 368277 наземных отрицательных молний и 43403 положительных молний. В республике Дагестан – 24878 отрицательных и 8143 положительных молний за рассматриваемый период.

Выводы. Были получены среднестатистические значения токов молний «облако-земля» на территории СКФО. Показано, что на рассматриваемой территории средние значения токов в канале молнии по данным грозорегистратора LS8000 варьируются от 12 кА до 47 кА. Наименьшее значение 12 кА определено для территории КБР и Ставропольского края, наибольшее значение 47 кА на территории Республики Дагестан.

Получено распределение плотности грозовых разрядов по территории СКФО.

Список литературы

1. Аджиев А. Х., Тапасханов В. О., Стасенко В. Н. Система грозопеленгации на Северном Кавказе // Метеорология и гидрология. 2013. № 1. С. 5–11.
2. Аджиев А. Х., Кулиев Д. Д. Характеристики грозовой активности и параметры молниевых разрядов на территории юга европейской части России // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2018. Т. 54, № 4. С. 437–445.

3. Горбатенко В. П. Влияние географических факторов климата и синоптических процессов на грозовую активность. Санкт-Петербург, 2003. 39 с.
4. Двали Е. Р. Исследование продолжительности и частоты гроз в зависимости от высоты места над уровнем моря // Труды Закавказского НИИ. 1973. Вып. 47 (53). С. 47–59.
5. Жарашуев М. В. Методика автоматизированного статистического анализа разрядов «облако – земля» для территории Северного Кавказа // Метеорология и гидрология. 2022. № 4. С. 111–116.

References

1. Adzhiev A. Kh., Tapaskhanov V. O., Stasenko V. N. Lightning direction finding system in the North Caucasus. *Meteorology and Hydrology*. 2013;1:5–11 (In Russ.).
2. Adzhiev A. Kh., Kuliev D. D. Characteristics of thunderstorm activity and parameters of lightning discharges in the south of the European part of Russia. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Physics of the atmosphere and ocean*. 2018;54(4):437–445 (In Russ.).
3. Gorbatenko V. P. *Influence of geographical climate factors and synoptic processes on thunderstorm activity*. St. Petersburg. 2003:39 (In Russ.).
4. Dvali E. R. Investigation of the duration and frequency of thunderstorms depending on the height of the place above sea level. *Trudy Transcaucasian Research Institute*. 1973;47(53):47–59 (In Russ.).
5. Zharashuev M. V. Methodology for automated statistical analysis of "cloud - earth" discharges for the territory of the North Caucasus. *Meteorology and hydrology*. 2022;4:111–116 (In Russ.).

Информация об авторах

Аджиев А. Х. — доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом;
Шагин С. И. — доктор географических наук, начальник управления;
Керефова З. М. — кандидат физико-математических наук, научный сотрудник;
Дахова О. О. — кандидат географических наук, доцент.

Information about the authors

Adzhiev A. Kh. — Doctor of Sciences (Physical and Mathematical), Professor, Head of the Department;
Shagin S. I. — Doctor of Sciences (Geographical), Head of the Department;
Kerefova Z. M. — Candidate of Sciences (Physical and Mathematical), Researcher;
Dakhova O. O. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor.

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

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

Статья поступила в редакцию 19.07.2023; одобрена после рецензирования 02.08.2023; принята к публикации 16.08.2023.

The article was submitted 19.07.2023; approved after reviewing 02.08.2023; accepted for publication 16.08.2023.

Научная статья

УДК 911(252.5)

https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_61

К РАЗВИТИЮ ЦЕЛИННОГО ПРОСТРАНСТВА: ФАКТОРЫ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ, КОНТРАСТЫ, ОСЦИЛЛЯЦИЯ®

Левыкин Сергей Вячеславович^{1✉}, Казачков Григорий Викторович², Яковлев Илья Геннадьевич³

^{1, 2, 3} Институт степи УрО РАН, Оренбург, Россия

¹ stepevedy@yandex.ru[✉]

² tsvikaz@yandex.ru

³ russo-turisto01@mail.ru

Аннотация. Изложены результаты многолетних исследований степной зоны Евразии на предмет динамики титульности степей. Доказано, что быстрые и глубокие качественные изменения ландшафтов, которые произвел советский целинный мегапроект сформировали в степной зоне специфическое целинное пространство, которое впоследствии в результате трансформаций сопоставимой глубины и скорости развилось в постцелинное и затем агроэкспортное. Изложены ведущие факторы формирования этих пространств, их основные качественные характеристики и специфические черты. С учётом имеющихся и новых тенденций предложен абрис перехода к компромиссному пространству организованному по принципу оптимума хозяйства и природных сообществ.

Ключевые слова: степная зона, Целина, целинное пространство, постцелинное пространство, агроэкспортное пространство

Для цитирования: Левыкин С. В., Казачков Г. В., Яковлев И. Г. К развитию целинного пространства: факторы, закономерности, контрасты, осцилляция // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 61–67. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_61.

Благодарности: работа выполнена по теме фундаментальных научных исследований Института степи УрО РАН № АААА-А21-121011190016-1.

ON THE VIRGIN LAND SPACE DEVELOPMENT: FACTORS, REGULARITIES, CONTRASTS, OSCILLATION

Sergey V. Levykin^{1✉}, Grigoriy V. Kazachkov², Ilya G. Yakovlev³

^{1, 2, 3} The Institute of Steppe of The Urals Branch of RAS, Orenburg, Russia

¹ stepevedy@yandex.ru[✉]

² tsvikaz@yandex.ru

³ russo-turisto01@mail.ru

Abstract. Results of many years of research into Eurasian steppe zone on the dynamics of the steppe title quality. It is proved that quick and deep landscape quality changes made by the soviet Virgin Lands Campaign formed within the steppe zone the specific virgin land space, which was later developed into the post-virgin land space and the agroexport one by the transformations of comparable depth and velocity. Leading factors formed these land spaces, their main qualitative characteristics and specific features are expounded. An abris of transformation agroexport land space into the compromise one, which is organized on the principle of both economical and natural systems optimum, is offered considering old and new tendencies in steppe land use.

Keywords: steppe zone, Virgin Lands Campaign, virgin land space, post-virgin land space, agroexport land space

For citation: Levykin S. V., Kazachkov G. V., Yakovlev I. G. On the virgin land space development: factors, regularities, contrasts, oscillation. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;3(90):61–70 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_61.

Acknowledgments: The work was carried out on the topic of fundamental scientific research of the Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences No. ААААА21-121011190016-1.

В ходе многолетних исследований степной зоны Евразии установлена определяющая роль взаимосвязей и динамики природной и антропогенной титульности степей. Под титульностью степей понимаем географический аналог доминантности в экологии: ярко выраженное присутствие вида в ландшафте определяющее облик ландшафта и воспринимаемая как его характерная

черта. Примеры природных титулов степей — ковыли, типчаки, полыни, тюльпаны сурок, сайгак, лошади, стрепет, дрофа, жаворонки, орлы, саранча. По нашим оценкам, природные титулы, как правило, проявляют развитую способность к самовосстановлению. Титулы антропогенного происхождения: земледельческие — зерновые и масличные культуры, КРС, свиньи, куры; номадные — адаптивные породы лошадей, овец, коз, верблюдов, КРС — требуют постоянной поддержки со стороны человека. Основная проблема степей — это взаимоотношения, структура, а зачастую — и чередования природной и антропогенной титульности, при том титульность степи как ландшафта заключается в перманентной изменчивости. Сказанным выше развиваем представления о физиономичности степей [3; 4] и её ландшафтном разнообразии [20; 21].

Конкуренция и смена природной и номадной степной титульности на земледельческую в Евразии проходила по-разному: в ЕТР это был длительный постепенный процесс, к востоку от ЕТР в основном проходила кампаниями, крупнейшая из которых за 1954–1956 гг. принципиально сменила титульность в заволжских, южноуральских, западно-сибирских и североказахстанских степях на земледельческую. Изменения были столь радикальными, что с позиций географии и степеведения мы выделяем охваченное ими в отдельное пространство, которое называем по создавшему его мегапроекту — целинное. Суть целинного проекта и его последствия изучаются нами на протяжении последних 40 лет [2; 8–14]. Выявлены основные факторы и предпосылки его осуществления, позволяющие рассматривать это пространство в динамике. Выявлен целый ряд особенностей, закономерностей, факторов, контрастов и осцилляций этого пространства.

Целинный мегапроект (1954–1963) носил комплексный характер и был направлен на широкий ряд стратегических задач, которыми и был обусловлен беспрецедентный масштаб и быстрота распашки степей [11; 12]. В контексте этого проекта и его последствий рассматриваем в т. ч. ликвидацию боевой кавалерии, упразднение военных конных заводов и распашку их территории. И хотя впоследствии полная распашка плакорных кормовых угодий была признана хозяйственным перегибом самим автором мегапроекта [1], фактически целинный мегапроект был продолжен до 1975 г., чем и закрепил целинное пространство распашкой массивов светло-каштановых почв. Его суть в том, что при недостатке ресурсов ценой полной распашки степных плакоров — земель наиболее лёгкого освоения, но расположенных на территории с засушливыми и неустойчивыми климатическими условиями восточного сектора степей — быстро и радикально решался ряд продовольственных и иных стратегических задач. Из этой сути (быстрота, масштабы, климат, недостаток ресурсов) проистекают основные противоречия и напряжённость целинного пространства, ставшие его «врождёнными пороками», которые так и не удалось преодолеть. Урожайные годы порождали не меньше проблем, чем неурожайные: остро ощущалась нехватка ресурсов и инфраструктуры для рекордных урожаев. Неустойчивость земледельческого пространства, порождавшая его убыточность требовала дополнительных государственных расходов, но вопреки экономической логике ни о какой корректировке структуры угодий речь не шла вплоть до конца 1980-х гг. Проблемы структуры угодий, заданной Целиной, были политическими, и впервые были признаны только на закате перестройки разработкой проектов трансформации малопродуктивных земель в 1989 г., которые остались нереализованными.

Целинное земледельческое пространство сформировало агроэкологический вызов — ландшафтную катастрофу степей — полную замену пшеницей титульной степной биоты на плакорах, деградацию сохранившихся кормовых угодий. Удаление титульной растительности в совокупности с другими факторами спровоцировало пыльные бури в 1960-х гг., ответ на которые ограничился стимулированием почвозащитных систем земледелия и возобновлением полезного лесоразведения.

Итак, сложились основные проблемы и противоречия целинного пространства, оставшиеся нерешёнными на протяжении длительного времени:

- степное пространство осваивалось не поступательно или фронтально, а фактически одномоментно путём сплошной выборки земель лёгкого освоения — плакоров;
- распашка 20 млн га угодий на каштановых почвах и последующая распашка 5 млн га угодий на светло-каштановых почвах с низким биоклиматическим потенциалом;
- производственная урожайность в 2–3 раза ниже биопотенциальной;
- высокие потери;
- плановые показатели, превышающие возможности угодий при технологиях того времени, людских и иных ресурсов;
- по окончании массовой распашки тенденция медленного роста площадей пахотных земель при неустойчивости и широкой амплитуде колебаний урожайности и валовых сборов;
- принципиально пострадали ресурсы титульных и хозяйственно ценных видов степей, многие из которых стали краснокнижными;

- основное ядро российско-казахстанского целинного пространства за годы своего существования выделило в атмосферу не менее 1 млрд т CO₂ [5];
- политизация пространства и структуры сельхозугодий с хозяйственно-политической установкой добыть хлеб любой ценой.

К 1990-м гг. на целинном пространстве наблюдались все признаки эколого-экономического кризиса степной зоны, уже принявшего характер вызова. Тем не менее благодаря государственной монополии на экспорт (невозможность массового экспорта сайгачьих рогов) целинное пространство выступало в качестве сезонного ареала сайги, популяция которой вышла на максимум, достигнув 1,5 млн голов [7; 17; 19; 21].

Целинное пространство существовало с 1954 по 1994 г., включая годы целинного мегапроекта и несколько лет инерции в 1990-е. С началом реформ вместо научно обоснованной оптимизации [21] началась стихийная трансформация этого пространства, обусловленная: принципиальным снижением господдержки сельского хозяйства, радикальными экономическими реформами с реорганизацией советских целинных сельхозпредприятий, социально ориентированной земельной реформой. Под действием этих факторов на постсоветском целинном пространстве в конце 1990-х гг. произошло обвальное сокращение посевных площадей, а в Казахстане — ликвидация большинства целинных совхозов с переходом десятков миллионов гектаров в залежь без фитомелиорации, с чего и начинается перерождение целинного пространства в постцелинное.

Итак, постцелинное пространство начало своё существование с пахотной передышки для степей длившейся 10–20 лет. Эту передышку, целинный мегапроект и десятилетия его поддержки мы рассматриваем как уникальнейший сверхдорогой совместный природно-антропогенный эксперимент по определению самовосстановительного потенциала степей. С этих позиций мы искренне благодарны авторам целинного мегапроекта и последующих реформ. На коротком временном промежутке вокруг землепользования на целинном пространстве столкнулись радикальный политический консерватизм и радикальный политический реформизм. Результат столкновения сил сделал земельную реформу такой, что малопродуктивные земли оказалось невозможным вывести из состава пахотных, тем более проводить затратную фитомелиорацию и потерять их как пахотные лет заняв тысячи гектар, в основном там, где сложились благоприятные условия. На первом этапе быстро восстановились степные фитоценозы на нераспаханных участках, где сформировался семенной фонд; на втором этапе семена из этого фонда распространились на окружающие залежи, принципиально изменив ход сукцессий. За восстановлением степной растительности массово следовали сурки, стрепеты и другие животные степные титулы. Такие экосистемы мы, по аналогии со вторичными лесами, назвали «вторичные степи», которые остались без сайгака, ресурсы которого пришли к минимуму вследствие браконьерства за рогами, спровоцированного отменой госмонополии на экспорт и открытием внешних рынков.

После десятилетия существования постцелинного пространства в начале XXI в. Россия и Казахстан приступили к реализации ряда аграрных проектов, направленных в т. ч. на вовлечение степных залежей в оборот. Ограниченность финансовых возможностей растянула ликвидацию залежей на 10–15 лет. На 2020 г. для России приводятся противоречивые данные о 16–35 млн га залежей. Залежи возвращаются в оборот преимущественно агрохолдингами, имеющими возможность применять современные агротехнологии на больших площадях. В 2022 г. отмечено резкое повышение спроса на степную пашню, цены на оставшиеся земельные паи в отдельных постцелинных регионах выросли в 10 раз.

Ядро российского постцелинного пространства П-образно охватывает степную зону Заволжско-Уральского степного региона площадью 20 млн га с убыванием биоклиматического потенциала (БКП) с севера на юг. Выделяем три сегмента этого ядра: северный широтный с самым высоким БКП, западный меридиональный (Оренбургский) восточный меридиональный (Алтайский). Западный и восточный сегменты совпадают по направлению сокращения БКП, но имеют географические различия. В Оренбургском сегменте Уральские горы находятся на пути атмосферного переноса влаги, в Алтайском секторе горы, наоборот, способствуют дополнительному увлажнению. В западном сегменте в основном суглинистые почвы и плакоры

на высотах порядка 350 м. В восточном сегменте в основном почвы лёгкого механического состава на меньших высотах с большей водоусвояемостью и несколько лучшими условиями для земледелия и лесоразведения.

Нами разработана принципиальная схема структурной оптимизации постцелинного пространства, основанная на принципе задействования лучших земель для интенсивных технологий зернопроизводства (северный сегмент) с уменьшением доли пашни в ландшафте по мере сокращения БКП в западном и восточном сегментах (рис. 1).

В конце существования этого пространства шансы сохранения остатков вторичных степей ещё сохраняются в основном в западном и восточном сегментах. Перераспределение сельскохозяйственных угодий, применение современных технологий и поддержка государства снижают напряжённость этого пространства по сравнению с целинным, но не ликвидируют его в силу фактора засух и нового по отношению к целинному пространству фактору падения цен в урожайные годы. Постцелинное пространство более динамично под действием двух ведущих факторов: колебания погодных условий и климата, колебания посевных площадей в сочетании с распространением подсолнечника и других культур.



Рисунок 1 — Российское постцелинное пространство Урала и Западной Сибири, и принципиальная схема его структурной оптимизации

На постцелинном пространстве нами изучены его специфические контрасты и осцилляции. В качестве примера приведём приграничный контраст Александрово-Гайского района (РФ) с развитым адаптивным мясным животноводством и Казталовского района (РК) с растущей волго-уральской популяцией сайги, выходящей на максимум. В пределах целинного Первомайского района Оренбургской области (РФ) резко контрастируют два соседних выступа территории разделённых р. Чаган: затруднённый для доступа западный выступ — вторичная лессинговокыльная степь, доступный восточный максимально распахан.

Ярким примером осцилляции (попеременное расположение противоположных состояний по разные стороны оси-границы) являются Светлинский (РФ) и сопредельный Айтекебийский (РК) районы. В 1998–2008 гг. Светлинский район — небольшое сокращение пашни, Айтекебийский — обвальное сокращение на 200 тыс. га с быстрым восстановлением степной растительности и ресурсов сурка. С 2015 по настоящее время Айтекебийский район вернул прежние посевные площади, ресурсы сурка принципиально сократились, Светлинский район сократил посевные площади на те же 200 тыс. га, на которых протекают процессы характерные для Айтекебийского района за 10 лет до этого.

Постцелинное пространство принципиально больше охвачено территориальной охраной степных экосистем. В 2010–2016 гг. при поддержке двух степных проектов ГЭФ в России и Казахстане созданы новые степные ООПТ, создана популяция лошади Пржевальского в России, в Казахстане возрождён сайгак. Это пространство войдёт в историю как арена глобального эксперимента, оставившего след в фундаментальной науке, пахотной передышки, динамичности угодий, климатических колебаний, распространения новационных технологий, роста урожайности и валовых сборов, развития степных ООПТ, возвращения лошади Пржевальского и восстановления сайгака.

С 2020-х гг. при населении Земли 8 млрд чел., пандемии и иных глобальных изменениях развилась тенденция роста мировых цен на продовольствие, что активизировало распашку залежей на постсоветском пространстве, в т. ч. постцелинном. В РФ стартовала «Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения...» (утверждена Постановлением Правительства РФ от 14.05.2021 № 731) — фактически «Целина-2». Уже в 2022 г. в России собран максимальный за всю историю урожай зерна — 153 млн т, и высокий урожай подсолнечника. Рост глобальных потребностей в зерне мотивирует РФ к увеличению экспортного потенциала по зерновым, который в ближайшие годы прогнозируется на уровне порядка 60 млн т. РФ уже вышла в мировые лидеры по экспорту пшеницы и подсолнечника, на производстве которых специализируется постцелинное пространство. Под давлением этих факторов это пространство эволюционирует в новое качество, приобретая черты целинного в монотонности агроландшафтов и высокой степени распашки. Новые свойства — выраженная экспортная ориентация и распространение интенсивных технологий земледелия, доступность кредитно-финансовых и иных ресурсов, вероятный конец эпохи пахотной передышки, после которого экологические резервы популяций степной биоты не найдут себе место. В подтверждение отметим, что давно ожидаемое упрощение смены вида, разрешённого использования сельхозугодий, в котором степеведение видело инструмент оптимизации структуры сельхозугодий, в силу приведённых выше факторов, наоборот, только легализовало распашку маловостребованных из-за стагнации животноводства кормовых угодий.

Сказанное выше позволяет признать, что постцелинное пространство находится на переходе в неоцелинное или *агроэкспортное*. Сложившаяся тенденция способствует повтору ландшафтно-экологического кризиса степей в новых условиях, причём последствия могут быть более трагичными, чем у предшествующего кризиса вплоть до полной утраты степей вследствие потери самовосстановительного потенциала как это случилось на ЕТР. По нашим наблюдениям, повторная перепашка вторичных степей снижает их потенциал самовосстановления. Возможно, это связано с климатом, исчерпанием запаса семян в почве и на окружающих участках, иными закономерностями экологии степного растительного покрова, возможно, пока неизвестными.

Уже на агроэкспортном пространстве в условиях «Целины-2» должны решаться проблемы восстановления приоритетных видов степных копытных (сайгак, лошадь Пржевальского, дзерен) в рамках национального проекта «Экология» и реализации «Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» (утверждена Распоряжением Правительства РФ № 3052-р от 29.10.2021).

В заключение отметим, что дальнейшее увеличение валовых сборов и экспортного потенциала по зерновым на агроэкспортном пространстве в силу исчерпания территориальных резервов должно достигаться за счёт технологического перевооружения с выходом производственной урожайности на рубежи биопотенциальной и выше с приоритетом российских разработок [15; 16; 18; 22]. Резерв повышения урожайности оценивается в 2–3 раза выше существующей производственной урожайности [6]. Соответственно, при переходе на передовые технологии семеноводства и земледелия валовые сборы в России могут достичь 300 млн т при высвобождении минимум 10 млн га малопродуктивных пахотных земель под животноводство, восстановление ресурсов краснокнижных и приоритетных видов, депонирование углерода, сельский и экологический туризм.

На фоне приближающегося кризиса степей и технических возможностей его предотвращения можно прогнозировать увеличение социального заказа на восстановление степных экосистем оказывающих различные экосистемные и иные услуги. Как показала практика проектного стиля развития, оптимальным механизмом выполнения такого заказа послужил бы «Степной национальный проект» или степная компонента национальных проектов природоохранной или аграрной направленности. Успешная реализация такого проекта будет способствовать переходу агроэкспортного пространства в новое компромиссное организованное по принципу оптимума хозяйства и природных сообществ с учётом издержек, кризисов и вызовов всех трёх предшествующих пространств.

Список литературы

1. Einaudi G. Khrushchev reported planning to give up Virgin-Land Farms // New York Times. 1964. February 23. P. 2.
2. Levykin S. V., Chibilev A. A., Gulyanov Yu. A., Silantieva M. M., Kazachkov G. V., Yakovlev I. G. Environmental and landscape significance of steppe megaprojects // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. no. 9 (3). P. 371–375.
3. Алёхин В. В. Растительность СССР. Москва, 1951. С. 256–321.
4. Алёхин В. В. Растительный покров степей Центрально-черноземной области. Воронеж: Донполиграфбум, 1925. 110 с.

5. Аханов Ж. У., Соколенко Э. А. Агроэкологический потенциал северного Казахстана // Вестник Академии наук Казахской ССР. 1990. № 4. С. 48–58.
6. Гулянов Ю. А. Земледельческие аспекты пространственного развития степных и лесостепных регионов Урала и Западной Сибири // Географические основы пространственного развития земледельческих постцелинных регионов Урала и Сибири / под науч. ред. акад. РАН А. А. Чибилёва. Оренбург: Ин-т степи УрО РАН, 2022. С. 87–124.
7. Жирнов Л. В. Возвращение к жизни: Экология, охрана и использование сайгаков. Москва: Лесная промышленность, 1982. 224 с.
8. Левыкин С. В. Потеря зональных степей Северной Евразии — печальный итог уходящего века // Стратегия природопользования и сохранения биоразнообразия в XXI веке. Оренбург: Ин-т степи УрО РАН, Оренбургский гос. ун-т, 1999. С. 61–62.
9. Левыкин С. В. Экологические и социально-экономические последствия освоения целинных земель в Оренбуржье в 1954–1962 гг. // География, экономика и экология Оренбуржья. Оренбург: Южный Урал, 1994. С. 88–92.
10. Левыкин С. В., Казачков Г. В. К корректировке земледельческой парадигмы целинных кампаний. // Вопросы степеведения. 2009. Вып. 7. С. 64–71.
11. Левыкин С. В., Казачков Г. В., Чибилёва В. П. Современная парадигма целины: распашка новых степей или агровозрождение Нечерноземья? Оценка с позиций конструктивной модели степи // Проблемы региональной экологии. 2015. № 2. С. 170–177.
12. Левыкин С. В., Казачков Г. В., Чибилёва В. П. Современная парадигма целины: распашка новых степей или агровозрождение Нечерноземья? Биосферная значимость и перспективы. // Проблемы региональной экологии. 2015. №3. С. 228–233.
13. Левыкин С. В., Казачков Г. В., Яковлев И. Г., Грудинин Д. А. Ландшафтообразующая роль ковыля Лессинга в процессе формирования вторичных степей Заволжско-Уральского региона // Известия Самарского НЦ РАН. 2014. Т. 16, № 1 (4). С. 1092–1095.
14. Левыкин С. В., Пензева С. В. Специфика профессиональной ответственности в оценке геоэкологических последствий целины. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2004. № 4. С. 116–118.
15. Международный элитный клуб «Сильные семена». 2015. URL: <http://iecass.ru/> (дата обращения: 30.03.2023).
16. Мельников Д. Г. Обоснование технологии полосного посева семян зерновых культур на базе дискаторных сферических дисков. Ростов-на-Дону, 2022. 20 с.
17. Полорогие (Bovidae) / А. А. Данилкин. Москва: Т-во научных изданий КМК, 2005. 550 с. (Млекопитающие России и сопредельных регионов).
18. Сеялки, растениезаменители, цивилизаций проекты: ПК Еруслан. URL: <http://erusan.ru/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F/> (дата обращения: 30.03.2023).
19. Фадеев В. А., Слудский А. А. Сайгак в Казахстане: (Экология, хозяйственное значение). Алма-Ата: Наука, 1982. 160 с.
20. Чибилев А. А. Лик степи (Эколого-географические очерки о степной зоне СССР). Ленинград: Гидрометеиздат, 1990. 192 с.
21. Чибилев А. А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. Свердловск: Ин-т экологии растений и животных, 1992. 170 с.
22. Южанинова Л. Бинарные посевы: проверено на практике. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/binarnye-posevy-provereno-na-praktike.html> (дата обращения: 30.03.2023).

References

1. Einaudi, G. Khrushchev reported planning to give up Virgin-Land Farms. *New York Times*. 1964; February 23:2.
2. Levykin S. V., Chibilev A. A., Gulyanov Yu. A., Silantjeva M. M., Kazachkov G. V., Yakovlev I. G. Environmental and landscape significance of steppe megaprojects. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019;9(3):371–375.
3. Alekhin V. V. *Vegetation of the USSR*. Moscow: 1951:256–321 (In Russ.).
4. Alekhin V. V. *Vegetation cover of the steppes of the Central Chernozem Region*. Voronezh: Donpolografbum; 1925:110 (In Russ.).
5. Akhanov Zh. U., Sokolenko E. A. Agroecological potential of northern Kazakhstan. *Bulletin of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR*. 1990;4:48–58 (In Russ.).
6. Gulyanov Yu. A. Agricultural aspects of the spatial development of the steppe and forest-steppe regions of the Urals and Western Siberia. *Geographical foundations of the spatial development of the agricultural post-virgin regions of the Urals and Siberia*. Orenburg: Institute of the Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 2022:87–124 (In Russ.).
7. Zhimov L. V. *Return to Life: Ecology, Conservation and Use of the Saiga*. Moscow: Lesnaya promyshlennost; 1982:224 (In Russ.).
8. Levykin S. V. The loss of the zonal steppes of Northern Eurasia is a sad result of the outgoing century. *Strategy for nature management and biodiversity conservation in the 21st century*. Orenburg: Institute of the Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg State University; 1999:61–62 (In Russ.).

9. Levykin S. V. Ecological and socio-economic consequences of the development of virgin lands in the Orenburg region in 1954–1962. *Geography, economics and ecology of the Orenburg region*. Orenburg: Yuzhny Ural; 1994:88–92 (In Russ.).
10. Levykin S. V., Kazachkov G. V. To the adjustment of the agricultural paradigm of virgin land campaigns. *Issues of steppe science*. 2009;7:64–71 (In Russ.).
11. Levykin S. V., Kazachkov G. V., Chibilyova V. P. The modern paradigm of virgin lands: plowing up new steppes or agro-revival of the Non-Black Earth region? Assessment from the standpoint of a constructive model of the steppe. *Regional Environmental Issues*. 2015;2:170–177 (In Russ.).
12. Levykin S. V., Kazachkov G. V., Chibileva V. P. The modern paradigm of virgin lands: plowing up new steppes or agro-revival of the Non-Black Earth region? Biospheric significance and prospects. *Regional Environmental Issues*. 2015;3:228–233 (In Russ.).
13. Levykin S. V., Kazachkov G. V., Yakovlev I. G., Grudin D. A. Landscape-forming role of Lessing's feather grass in the process of formation of secondary steppes of the Trans-Volga-Ural region. *Izvestia of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2014;16;1(4):1092–1095 (In Russ.).
14. Levykin S. V., Penzeva S. V. The specifics of professional responsibility in assessing the geoecological consequences of virgin lands. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2004;4:116–118 (In Russ.).
15. *International Elite Club "Strong Seeds"*. 2015. Available at: <http://iecss.su/> Last (accessed: 30.03.2023).
16. Melnikov D. G. *Substantiation of the technology of strip sowing of seeds of grain crops on the basis of discator spherical disks*. Rostov-on-Don: 2022:20 (In Russ.).
17. Danilkin A. A. *Bovids (Bovidae)*. Moscow: KMK; 2005:550.
18. *Seeders, plant substitutes, civilization projects: PK Eruslan*. URL: <http://eruslan.ru/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F/> (accessed: 30.03.2023).
19. Fadeev V. A., Sludsky A. A. *Saiga in Kazakhstan: (Ecology, economic importance)*. Alma-Ata: Nauka; 1982:160.
20. Chibilev A. A. *The face of the steppe (Eco-geographical essays on the steppe zone of the USSR)*. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1990:192 (In Russ.).
21. Chibilev A. A. *Ecological optimization of steppe landscapes*. Sverdlovsk: Institute of Ecology of Plants and Animals; 1992:170 (In Russ.).
22. Yuzhaninova L. *Binary crops: tested in practice*. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastanii/zrast/binamye-posevy-provereno-na-praktike.html> (accessed: 30.03.2023).

Информация об авторах

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

Information about the authors

Levykin S. V. — Doctor of Sciences (Geographical), RAS Professor, Head of Department;
Kazachkov G. V. — Candidate of Sciences (Biological), Researcher;
Yakovlev I. G. — Candidate of Sciences (Geographical), Senior Researcher.

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

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

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

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

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 68–72.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):68–72 (In Russ.).

Научная статья
УДК 504.75
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_68

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ®

Хучунаев Бузигит Муссаевич¹, Шагин Сергей Иванович², Дахова Оксана Олеговна³,
Керефова Залина Музариновна⁴✉, Паштова Людмила Руслановна⁵

^{1, 4}Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия

^{2, 3, 5} Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова,
Нальчик, Россия

¹ buzgigit@mail.ru

² uniid-sergey@yandex.ru

³ dakhva@rambler.ru

⁴ zknyaz-kbsu@mail.ru ✉

⁵ mila.pashtova@yandex.ru

Аннотация. В данной работе исследуются лесные экосистемы Кабардино-Балкарской Республики. Лесные ресурсы играют важную роль в жизнедеятельности человека и окружающей его природной среды. В последнее время наблюдается уменьшение площади и деформация баланса круговорота веществ и энергии в окружающей среде. Это связано с антропогенным воздействием на экосистемы леса. В последние годы санитарное состояние многих лесных экосистем стремительно ухудшается. В результате исследований были выявлены основные лесообразующие породы республики, возрастная структура лесообразующих пород и факторы, вызывающие ослабление и гибель лесных насаждений. Также в работе проведён анализ динамики площади лесов. Научная работа оснащена карта-схемой, фотоснимками и диаграммами.

Ключевые слова: ландшафт, лесная экосистема, лесообразующие породы, мониторинг, санитарное состояние, динамика

Для цитирования: Хучунаев Б. М., Шагин С. И., Дахова О. О., Керефова З. М., Паштова Л. Р. Оценка состояния лесных экосистем Кабардино-Балкарской Республики // *Геология, география и глобальная энергия*. 2023. № 3 (90). С. 68–72. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_68.

ASSESSMENT OF THE STATE OF FOREST ECOSYSTEMS IN THE KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC

Buzigit M. Khuchunaev¹, Sergey I. Shagin, Oksana O. Dakhova³, Zalina M. Kerefova⁴✉,
Lyudmila R. Pashtova⁵

^{1, 4} Highland Geophysical Institute, Nalchik, Russian Federation

^{2, 3, 5} Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekova, Nalchik, Russia

¹ buzgigit@mail.ru

² uniid-sergey@yandex.ru

³ dakhva@rambler.ru

⁴ zknyaz-kbsu@mail.ru ✉

⁵ mila.pashtova@yandex.ru

Abstract. In this scientific work, forest ecosystems of the Kabardino-Balkarian Republic are investigated. Forest resources play an important role in human life and the natural environment. Recently, there has been a decrease in the area and a deformation of the balance of the circulation of substances and energy in the environment. This is due to the anthropogenic impact on forest ecosystems. In recent years, the sanitary condition of many forest ecosystems has been rapidly deteriorating. As a result of the research, the main forest-forming species of the republic, the age structure of forest-forming species and factors causing the weakening and death of forest plantations were identified. The paper also analyzes the dynamics of forest area. The scientific work is equipped with a map-scheme, photographs and diagrams.

Keywords: landscape, forest ecosystem, forest-forming species, monitoring, sanitary condition, dynamics

For citation: Khuchunaev B.M., Shagin S.I., Dakhova O.O., Kerefova Z.M., Pashtova L.R. Assessment of the state of forest ecosystems in the Kabardino-Balkarian Republic. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023; 3 (90): 68–72. С. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_68 (In Russ.).



Рисунок 2 — Хвойный лес (Приэльбрусье)

Высокогорные хвойные леса имеют также большое влагорегулирующее значение, задерживая снег и замедляя его таяние. Велико их бальнеологическое и эстетическое значение.

Смешанные леса республики представлены хвойными и мелколиственными деревьями, которые растут в разнообразных соотношениях. В подлеске можно встретить барбарис, дикий крыжовник, смородину. На опушках и лужайках леса растут кощачья лапка, ястребинка волосистая, лапчатка прямая и другие виды растений. В тенистых и наиболее влажных местах можно встретить папоротники, черемшу, лютики и другие растения.

К представителям мелколиственных пород в лесах республики относят: березу Литвинова, иву, черемуху, Кавказскую рябину, ольху. Последнее растёт на ложе долин, в поймах, на островах и террасах.

Таким образом, лесные ресурсы Кабардино-Балкарии имеют большое биоразнообразие (больше 50 разновидностей). Общая площадь земель лесного фонда и земель, на которых расположены леса на территории КБР составляет 323,1 тыс. га (на 01.01.2022), из них на покрытые лесом земли — 192,0 тыс. га. Общий запас древесины на корню составляет 35,05 млн м³ [10; 11].

В результате исследований было определено, что в Кабардино-Балкарской Республике первоочередными факторами, от которых гибнут или происходит ослабление насаждений, являются поражения грибными заболеваниями, энтомофагами, а также влияние неблагоприятных погодных условий и почвенно-климатических факторов.

Также было выявлено, что более 97,6 % земель (покрытых лесными насаждениями) территории республики составляют: бук, береза, осина, сосна и др. (рис. 3). Они являются основными лесообразующими насаждениями Кабардино-Балкарии.



Рисунок 3 — Бук восточный

1,2 % площади земель составляют такие древесные насаждения, как грецкий орех, груша, яблоня, и др. Такие кустарники, как лещина, бересклет, мушмула, боярышник, облепиха и др., занимают 0,2 % площади земель.

В работе была изучена доля лесообразующих пород. Было выявлено, что большую часть территории лесов занимают твёрдолиственные породы (62,4 %), 33,5 % земель, покрытых лесом — это мягколиственные насаждения. Самая малая часть территории лесных экосистем принадлежит хвойным породам (1,7 %). На рисунке 4 мы наглядно видим данное соотношение. Больше половины площади (64,6 %) и запаса в твёрдолиственном хозяйстве принадлежит буку восточному, тогда как в мягколиственном — это береза (46,6 %).

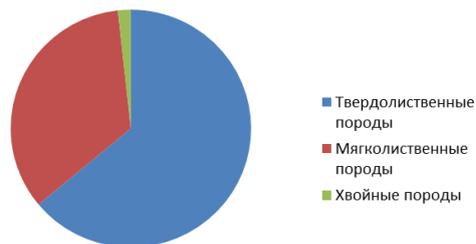


Рисунок 4 — Доля лесообразующих пород

При изучении возрастной структуры лесообразующих насаждений Кабардино-Балкарии было установлено, что средневозрастные насаждения лесных экосистем занимают большую часть территории земель (43,8 %). На втором месте — спелые и перестойные насаждения, которые составляют 35,9 % от всех лесообразующих пород. На долю приспевающих насаждений приходится 14,72 %, на последнем месте находятся молодняки — всего 5,58 % (рис. 5).



Рисунок 5 — Доля возрастной структуры основных видов лесообразующих насаждений

При исследовании изменения территории лесов Кабардино-Балкарии по полнотам, классам бонитета и возрастным группам было установлено, что площадь, которая приходится на молодняки, увеличилась на 1 200 га. Однако площадь средневозрастных насаждений уменьшилась на 200 га. Площадь спелых и перестойных насаждений тоже претерпела изменения — она уменьшилась на 300 га. Изменения динамики площади лесов республики в сторону уменьшения связаны с природными процессами. Искусственно созданные лесные насаждения Кабардино-Балкарской Республики составляют 26,2 % от площади лесных экосистем. Больших изменений по площади и запасам лесообразующих насаждений на территории республики не наблюдалось.

Заключение

В Кабардино-Балкарии ежегодно проводят лесовосстановительные работы. Одним из таких методов, применяемых на землях территории лесного фонда, является посадка саженцев, сеянцев и ускорение черенков, т. е. создаются лесные культуры. Для увеличения биологического разнообразия лесных экосистем, лесистости лесного фонда, защиты от эрозионных процессов необходимо проводить лесоразведение [7; 6].

Таким образом, было выявлено, что большая часть лесных экосистем республики состоит из широколиственных лесов с присутствием хвойных и дикоплодовых насаждений. Основные лесообразующие насаждения Кабардино-Балкарии (более 97,6% земель, покрытых лесными насаждениями) — это бук, береза, осина, сосна др., из которых преобладает бук восточный.

Большую часть территории лесов занимают твердолиственные породы (62,4 %). Средневозрастные насаждения лесных экосистем занимают большую часть территории земель (43,8 %).

Список литературы

1. Зубова С. С., Постникова С. М. Мониторинг лесных экосистем. Екатеринбург, 2020. 89 с.
2. Косумов Р. С., Демельханов М. Д. Лесные экосистемы как стабилизирующие факторы антропогенного воздействия на окружающую среду. URL: <https://moluch.ru/archive/107/25614/> (дата обращения: 29.04.2023).
3. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 01.07.2017). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299 (дата обращения: 19.01.2023).
4. Андерсон Дж. М. Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек. Ленинград: ГИМИЗ, 1985. 165 с.
5. Антропогенное воздействие на леса. URL: http://wood-prom.ru/analitika/14843_antropogennoe-vozdeystvie-na-lesa (дата обращения: 18.04.2023).
6. Никитина Ю. В. Разработка и исследование технологии изучения динамики лесных экосистем // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. 2001. Вып. 6. С. 101–111.
7. Дахова О. О., Татаренко Н. В., Кумыкова А. М. Агроэкологическое состояние почв КБР // Проблемы опустынивания: динамика, оценка, решение. Самарканд, 2019. С. 200–206.

8. Дахова О. О., Хучунаев Б. М., Мустафаева З. А., Куповых Г. В., Даов И. С. Экологические проблемы Кабардино-Балкарской Республики // *Известия высших учебных заведений Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*. 2018. № 4. С. 72–76.
9. Шагин С. И., Дахова О. О., Аксорова К. Х., Романова Т. А. *Геоэкология*. Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2020. 83 с.
10. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Кабардино-Балкарской Республике в 2021 году». Нальчик, 2022. 225 с.
11. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Кабардино-Балкарской Республике в 2020 году». Нальчик, 2021. 218 с.

References

1. Zubova S. S., Postnikova S. M. *Monitoring of forest ecosystems*. Yekaterinburg: 2020:89 (In Russ.).
2. Kosumov R. S., Demelkhanov M. D. *Forest ecosystems as stabilizing factors of anthropogenic impact on the environment*. Available at: <https://moluch.ru/archive/107/25614/> (accessed: 29.04.2023) (In Russ.).
3. *Forest Code of the Russian Federation dated December 4, 2006 N 200-FZ (as amended on July 1, 2017)*. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299 (accessed: 19.01.2023) (In Russ.).
4. Anderson J. M. *Ecology and environmental sciences: biosphere, ecosystems, man*. Leningrad: GIMIZ; 1985:165 (In Russ.).
5. *Anthropogenic impact on forests*. URL: http://wood-prom.ru/analitika/14843_antropogennoe-vozdeystvie-na-lesa Published: 08/30/2016 (accessed: 18.04.2023) (In Russ.).
6. Nikitina Yu. V. Development and research of technology for studying the dynamics of forest ecosystems. *Bulletin of the Siberian State Geodetic Academy*. 2001;6:101–111 (In Russ.).
7. Dakhova O. O., Tatarenko N. V., Kумыkova A. M. Agroecological state of soils of the KBR. *Problems of desertification: dynamics, assessment, solution*. Samarkand: 2019:200–206 (In Russ.).
8. Dakhova O. O., Khuchunaev B. M., Mustafayeva Z. A., Kupovykh G. V., Daov I. S. Environmental problems of the Kabardino-Balkarian Republic. *News of higher educational institutions of the North Caucasus region. Series "Natural sciences"*. 2018;4:72–76 (In Russ.).
9. Shagin S. I., Dakhova O. O., Aksorova K. Kh., Romanova T. A. *Geoecology*. Nalchik: Kabardino-Balkarian University; 2020:83 (In Russ.).
10. *State report "On the state and protection of the environment in the Kabardino-Balkarian Republic in 2021"*. Nalchik: 2022:225 (In Russ.).
11. *State report "On the state and protection of the environment in the Kabardino-Balkarian Republic in 2020"*. Nalchik: 2021:218 (In Russ.).

Информация об авторах

Хучунаев Б. М. — доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией;
Шагин С. И. — доктор географических наук, начальник управления;
Дахова О. О. — кандидат географических наук, доцент, доцент;
Керефова З. М. — кандидат физико-математических наук, научный сотрудник;
Паштова Л. Р. — кандидат химических наук, доцент.

Information about the authors

Khuchunaev B. M. — Doctor of Sciences (Physical and Mathematical), Head of the Laboratory;
Shagin S. I. — Doctor of Sciences (Geographical), Head of the Department;
Dakhova O. O. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Kerefova Z. M. — Candidate of Sciences (Physical and Mathematical), Researcher;
Pashtova L. R. — Candidate of Sciences (Chemical), 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 19.07.2023; одобрена после рецензирования 02.08.2023; принята к публикации 16.08.2023.

The article was submitted 19.07.2023; approved after reviewing 02.08.2023; accepted for publication 16.08.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 73–81.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):73–81 (In Russ.).

Научная статья
УДК 911.5/9
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_73

**УЯЗВИМОСТЬ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА:
СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ®**

Бессонова Татьяна Николаевна
Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия
T_Bessonova@ugrasu.ru <https://orcid.org/0000-0003-3327-0579>

Аннотация. Актуальность исследования данной проблемы обусловлена разноплановой трактовкой понятия «уязвимость». Представлены подходы к определению содержания понятия «уязвимость» применительно к изменению климата на основе отечественных и зарубежных исследований. Определены основные составляющие уязвимости: подверженность, чувствительность, адаптивность. Выделены три основных подхода к оценке уязвимости. Первый подход основан на опасностях воздействий, когда уязвимость определяется характером физической опасности, её вероятностью или частотой возникновения. Второй подход предполагает оценку состояния системы и его оценку до наступления опасности. Третий подход связан с оценкой адаптивной способности социальных систем противостоять опасностям, связанным с изменением климата. Показаны общие методологические требования к проведению оценки уязвимости. Современное назначение проведения оценки уязвимости связано с необходимостью снижения ущерба и готовности социальных систем к возможным опасностям. Снизить уязвимость населения к глобальным изменениям климата позволяет адаптация.

Ключевые слова: уязвимость, подверженность, чувствительность, адаптация, изменение климата, устойчивость

Для цитирования: Бессонова Т. Н. Уязвимость социальных систем к изменению климата: содержание и методология оценки // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 73–81. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_73.

Благодарности: исследование выполнено в рамках научно-исследовательского гранта РФФ № 22-28-01403 «Модели прогнозирования процессов адаптации социо-эколого-экономических систем северного региона к последствиям глобального изменения климата».

**VULNERABILITY OF SOCIAL SYSTEMS TO CLIMATE CHANGE:
CONTENT AND METHODOLOGY OF THE ASSESSMENT**

Tatyana N. Bessonova
Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russian Federation
T_Bessonova@ugrasu.ru <https://orcid.org/0000-0003-3327-0579>

Abstract. Approaches to determining the content of the concept of “vulnerability” in relation to climate change are summarized on the basis of domestic and foreign studies. The main components of vulnerability are identified: exposure and sensitivity. There are 3 main approaches to assess vulnerability. The first approach is based on exposure hazards, where vulnerability is determined by the nature of the physical hazard, its likelihood or frequency of occurrence. The second approach involves assessing the state of the system and assessing it before the onset of danger. The third approach is related to assessing the adaptive capacity of social systems to withstand the hazards associated with climate change. The general methodological requirements for conducting a vulnerability assessment are shown. The modern purpose of conducting a vulnerability assessment is related to the need to reduce damage and to prepare social systems for possible hazards. Adaptation reduces vulnerability to global climate change. Under the conditions of climate change, it is expedient to single out different types of vulnerability and classify them according to the scale.

Keywords: vulnerability, exposure, sensitivity, adaptation, climate change, sustainability

For citation. Bessonova T. N. Vulnerability of social systems to climate change: content and methodology of the assessment. *Geology, Geography and Global Energy.* 2023;3(90):73–81. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_73 (In Russ.).

Acknowledgements: the research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 22-28-01403, <https://rscf.ru/project/22-28-01403/>.

Введение

Вопросы глобального изменения климата вызывают интерес в самых разных слоях населения и являются предметом острых дискуссий в научном сообществе. В современных исследованиях отмечается значительное воздействие климатических изменений на население, природные экосистемы, хозяйственную деятельность и инфраструктуру, а также необходимость проведения адаптационных мероприятий, что позволит снизить негативное воздействие изменений климата.

Последствия климатических нагрузок неравномерно распределены во времени и пространстве. Они варьируются между сообществами и социальными группами, между домохозяйствами и между людьми внутри домохозяйства [1]. Их оценка позволяет предвидеть то, как общество и люди воспринимают опасности, связанные с изменением климата, и реагируют на них. При определении влияния изменений климата на население целесообразно использовать подход, основанный на концепции уязвимости.

Объекты и методы

Объектом исследования послужили методические разработки отечественных и зарубежных исследователей к оценке уязвимости систем к глобальному изменению климата. В частности, был использован подход, предложенный межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК), который включает в понятие «уязвимость» множество концепций и элементов, а уязвимость рассматривается как функция трёх перекрывающихся элементов: чувствительности, подверженности и адаптации. МГЭИК отмечает, что подходы к анализу и оценке уязвимости меняются и в настоящее время связаны преимущественно с адаптационной составляющей социальных систем. Также в докладах МГЭИК отмечаются различия уязвимости внутри сообществ и её изменение во времени.

Уязвимость является результатом сложных и недостаточно изученных взаимодействий, включающих физические процессы и человеческий фактор [2].

Целью исследования является структурированный обзор содержания уязвимости социальных систем и методологических подходов к её оценке в условиях климатических изменений.

Концепция уязвимости применительно к вопросам воздействия изменений климата позволяет рассматривать человеческие и природные системы как тесно связанные и по-разному подвергающиеся воздействию, чувствительные и адаптируемые к угрозам. Это предполагает подробное изучение биофизических, когнитивных и социальных аспектов взаимодействия человека и окружающей среды [3].

Результаты исследований

Уязвимость — понятие междисциплинарное и не имеет общепринятого определения [4]. Данный термин исследователи связывают преимущественно с изменениями в системе в связи с неблагоприятными воздействиями. В технических науках применительно к управлению рисками и стихийными бедствиями используется структура «риск – опасность», а уязвимость рассматривается как зависимость «доза – реакция» между экзогенной опасностью для системы и её неблагоприятными последствиями. В общественных науках (социальная) уязвимость рассматривается как характеристика состояния домохозяйств или сообщества, определяемая социально-экономическими и политическими факторами. В данном случае анализируется причинно-следственная структура, включающая различные способности сообществ справляться с внешним стрессом [5]. Социологи рассматривают уязвимость как набор социально-экономических факторов, определяющих способность людей справляться со стрессом или изменениями [1].

Уязвимость не является набором статистических характеристик, присущих отдельным людям, и всегда коренится в более широких социальных структурах и является «продуктом социально-экономических процессов и политических решений» [6]. В исследованиях, посвящённых изменению климата, уязвимость рассматривается как склонность или предрасположенность населения к неблагоприятному воздействию [7]. Также климатологи рассматривают уязвимость с точки зрения вероятности воздействия погоды и климата на деятельность.

При изучении уязвимости социальных систем к изменениям климата преимущественно используют два подхода [1]. Уязвимость может рассматриваться с точки зрения состояния системы, которое определяется внутренними характеристиками и существует в системе до того, как она столкнется с опасными событиями. Данный вид уязвимости получил название социальной (social vulnerability) и описывается показателями, делающими социальные системы восприимчивыми к внешним воздействиям (бедность, неравенство, маргинализация и др.). Современная трактовка социальной уязвимости соответствует понятию чувствительности (восприимчивости) системы. Применительно к изменениям климата может определяться вероятностью ухудшения

самочувствия или смерти и зависит преимущественно от возраста, здоровья, образа жизни, условий труда и информированности населения [8].

В случае взаимодействия социальной уязвимости с опасностью речь идёт уже о комбинированной уязвимости, которая измеряется суммой (потенциального) ущерба, нанесённого системе в результате столкновения с опасностью. Данный подход учитывает характер возможной физической опасности и её воздействие на социальные системы (частота, вероятность возникновения опасности). В англоязычной литературе данный вид комбинированной уязвимости рассматривается как биофизическая или физическая уязвимость (physical or biophysical vulnerability) [9] и соответствует понятию подверженности, которая определяется конечными последствиями опасного события. Биофизическая уязвимость измеряется такими показателями, как увеличение числа людей, подверженных опасности, денежные затраты, смертность населения, производственные издержки, ущерб экосистемы и др.

Важность определения уязвимости определяется необходимостью количественной оценки того, как сообщества будут адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды. Адаптация в ответ на текущее изменение климата заключается в снижении климатических рисков и уязвимости за счёт корректировки существующих систем. Эффективная адаптация к изменению климата зависит от важных предпосылок: информации о том, к чему и как адаптироваться, ресурсов для реализации адаптационных мер [5], будет ли адаптация осуществляться на уровне системы или подсистемы и какова роль экзогенных факторов. Способность к адаптации связана преимущественно с управлением, гражданскими и политическими правами и грамотностью [1].

В качестве действий, способствующих адаптации, и отдельных вариантов реагирования предлагается осуществлять сбор информации об уязвимой системе и факторах стресса, которым она подвергается, передачу ресурсов уязвимым обществам (с точки зрения финансовых средств, технологий или опыта), чтобы помочь им подготовиться к неизбежным последствиям изменений климата и справиться с ними [5].

В современных исследованиях концепция уязвимости всё чаще рассматривается во взаимосвязи не только с концепцией адаптации, но с концепцией устойчивости. Philippa M. Shepherd, Jean-Christophe Dissart предлагают анализировать социально-экологическую уязвимость и устойчивость к изменению климата с помощью подхода, основанного на возможностях. Исследователи рассматривают уязвимость и устойчивость как проявление достаточности или недостаточности в создании возможностей и отмечают, что их дефицит указывает на системную уязвимость, а достаточность подразумевает устойчивость. Тогда социально-экологическая уязвимость-устойчивость (жизнестойкость) (vulnerability-resilience) рассматривается как способность или неспособность системы защищать и генерировать ценные возможности и функции, ограниченные устойчивостью [10].

Концепция уязвимости имеет много общего с концепцией риска, разработанной в литературе по стихийным бедствиям. Опасность и уязвимость являются необходимыми условиями возникновения риска [11]. И если рассматривать уязвимость как неотъемлемую часть причинно-следственной цепи риска, то одна из эффективных стратегий управления рисками будет связана с изменением уязвимости [2].

Одной из значимых проблем в концепции уязвимости социальных систем применительно к изменению климата является методологическое обоснование оценки уязвимости и сопоставимость результатов. Как мы уже ранее отметили, оценка может включать состояние системы и (или) ущерб в результате воздействия.

С учётом того, что уязвимость рассматривается как функция трёх перекрывающихся элементов: чувствительности, подверженности и адаптивной способности, оценка должна учитывать взаимодействие социальной и экологической системы, образующее единое целое. Также обязательным требованием к оценке уязвимости является не только анализ уязвимости, но и определение конкретных вариантов для заинтересованных сторон по снижению уязвимости, где к заинтересованным сторонам относят людей и организации, заинтересованные в развитии конкретных систем «человек – среда».

Fussel H. M. et al. выделяют два поколения оценок уязвимости социальных систем к климатическим изменениям климата. Оценка первого поколения характеризуется оценкой воздействия климата с точки зрения его актуальности для общества и рассмотрением его потенциальной адаптации. Оценка уязвимости второго поколения заключается в более тщательной оценке

адаптационных возможностей людей, что смещает акцент с потенциальной адаптации на практическую, от оценки ожидаемого ущерба к попыткам его уменьшить. Оценки уязвимости второго поколения учитывают не просто наличие вариантов адаптации, а способность людей реально реализовать эти варианты, что и определяет их уязвимость к изменениям климата. Важной составляющей оценок уязвимости второго поколения является явный учёт соответствующих неклиматических факторов (демографических, экономических, социально-политических, технологических и биофизических). Они, в свою очередь, определяют чувствительность системы или сообщества к изменению климата [5].

Учитывая сложность содержания понятия «уязвимость», современные учёные предлагают разные методические подходы к оценке уязвимости. Для их упорядочивания целесообразно определить общие подходы к проведению оценки уязвимости.

При принятии решений по вопросам оценки уязвимости необходимо обращать внимание на её структуру и следующие положения:

- человеческая и биофизическая уязвимость взаимосвязаны;
- различные компоненты и скалярные связи в заданной системе увеличивают диапазон ожидаемых результатов;
- из-за сложной динамики похожие системы могут иметь разные уязвимые места и могут различаться в зависимости от системы или региона;
- подсистемы и элементы похожих систем могут по-разному подвергаться воздействию и реагировать на них;
- оценки уязвимости должны следовать общей методологической основе;
- общие рекомендации реагирования на изменения должны быть гибкими;
- необходимы институциональные структуры, связывающие анализ уязвимостей с принятием решений [12].

Schröter et al. сформулировали пять критериев, которым должны удовлетворять оценки уязвимости к глобальным изменениям климата:

1. База знаний, используемая для анализа, должна быть разнообразной и гибкой (должна включать взаимодействие систем «человек – среда» и использовать не только научные, но и местные знания, несмотря на трудности их проверки).
2. Оценки уязвимости должны быть «привязаны» к определённому месту и соответствовать масштабу принятия решений заинтересованными сторонами.
3. Рассматриваемые факторы глобальных изменений должны быть множественными и взаимодействующими. Как правило, сообщества сталкиваются с различными воздействиями, что может привести к усилению или уменьшению рисков.
4. Оценки уязвимости должны оценивать различные адаптивные способности. Различия могут наблюдаться среди людей и социальных групп. Возможности адаптации могут быть ограничены неадекватными ресурсами (включая информацию) или политико-институциональными барьерами. Возможные комбинации адаптационных ограничений для определённых ситуаций могут быть сведены в дифференциальные профили адаптации.
5. Информация должна учитывать прошлые и будущие изменения [13].

Ещё одной важной методологической проблемой оценки уязвимости является сложность сопоставления полученных результатов. Самой простой и наиболее распространённой формой сравнения независимых исследований является метод обзора литературы. Однако сложность и разнообразие количественных и качественных показателей, структурирование оценок уязвимости представляют сложность для проведения апостериорных сравнений с результатами других оценок без ущерба для актуальности и достоверности в локальном масштабе.

В случае проведения количественной оценки уязвимости данная проблема может быть решена для национального уровня, однако более значимые оценки уязвимости регионального и местного уровня предполагают использование показателей, часто несопоставимых в разных странах. Хотя, конечно, мы согласны, что на уязвимость и способность к адаптации на местном уровне также влияют процессы, происходящие в национальном масштабе [1].

Для сравнения результатов независимых оценок уязвимости и единиц воздействия Colin Polsky et al. предлагают использовать диаграмму определения области уязвимости (Vulnerability scoring diagram, VSD) и связанный с ней набор индикаторов, собираемый в ходе каждой оценки. Данный подход позволяет провести оценку по трём основным аспектам: подверженности, чувствительности и способности к адаптации, которые, в свою очередь, можно оценить с помощью

характера и степени элементов. Чтобы определить уязвимость с помощью VSD, необходимо определить пять элементов исследования:

1. Опасность и связанные с ней результаты, представляющие интерес (явный симптом изменения климата (увеличение масштабов ущерба от наводнений).
2. Единицы воздействия.
3. Измерения.
4. Компоненты (население, технологии, подверженные воздействию и др.).
5. Показатели процесса уязвимости (частота, интенсивность, состав и структура населения и др.) [3].

Schröter et al. в целях проведения оценки уязвимости предлагают научному сообществу придерживаться обобщённой восьмиступенчатой методики, которая соответствует ранее рассмотренным критериям. На первом этапе предлагается определить область исследования вместе с заинтересованными сторонами. На втором этапе необходимо провести ретроспективный анализ территории. Важно конкретизировать знания о заинтересованных сторонах, экосистемных услугах и факторах уязвимости. На третьем этапе предлагается выдвинуть гипотезу о том, кто к чему уязвим. На четвёртом этапе необходимо разработать причинно-следственную модель уязвимости. На пятом этапе важно определить индикаторы для элементов уязвимости с учётом чувствительности и адаптивных возможностей конкретных территориальных систем «человек – общество». На шестом этапе разработанным на предыдущем этапе показателям необходимо присвоить веса и объединить для получения показателя уязвимости с помощью модели, предложенной ранее. На следующем этапе необходимо разработать набор сценариев изменения уязвимости в зависимости от разных переменных (климатических, социально-экономических и др.). На восьмом этапе необходимо обсудить полученные результаты со всеми заинтересованными сторонами [13].

Учитывая сложность понятия «уязвимость», необходимо выделить несколько черт, присущих данному термину применительно к тематике глобального изменения климата.

Важнейшей характеристикой уязвимости является её изменчивость. В современных исследованиях всё чаще акцентируется внимание на динамической составляющей уязвимости. В данном контексте динамизм как характеристика уязвимости предполагает, что любая мера или показатель должны позволять идентифицировать как устойчивую ситуацию, так и любую тенденцию в ней. В современных исследованиях всё чаще обращается внимание на обязательный учёт будущих изменений климата и, соответственно, уязвимости. Изменение уязвимости социальных систем может иметь положительную и отрицательную динамику. Среди процессов, увеличивающих уязвимость, учёные отмечают ориентацию на внешние рынки, рост населения, приватизацию земли, деградацию общинных земель, утрату разнообразия средств к существованию, ухудшение здоровья. Напротив, инвестиции в важнейшие области, такие как образование, здравоохранение и физическая инфраструктура, способствуют снижению уязвимости социальных систем [1].

В зависимости от объекта уязвимости можно выделить индивидуальную, коллективную, пространственную и хозяйственную уязвимость. Индивидуальная уязвимость определяется доступом к ресурсам, разнообразием источников доходов и социальным статусом домохозяйств. Коллективная уязвимость региона или сообщества определяется институциональными и рыночными структурами, инфраструктурой и распределением доходов [14]. Пространственная уязвимость связана с особенностями территорий, подверженных определённым видам опасностей. Хозяйственная уязвимость связана с особенностями ведения хозяйства и различна для секторов экономики. Наиболее уязвимыми оказываются виды деятельности, непосредственно связанные с природной средой, и различные виды инфраструктуры [15; 16].

Изменение климата по-разному влияет на различные стороны жизнедеятельности населения, поэтому научное сообщество выделяет различные виды уязвимости в зависимости от физико-географического положения, экологического состояния, инфраструктурного обеспечения, социально-экономического развития.

С. В. Бадина оценивает пространственную уязвимость к климатическим изменениям в регионах распространения геокриологических опасностей для информирования и проведения адаптационных мероприятий для всех заинтересованных сторон [17].

Г. А. Приваловская и И. Н. Волкова рассматривают социально-экологическую уязвимость населения России. По мнению вышеупомянутых авторов, она обусловлена особенностями расположения страны: северностью, низкой плотностью населения на обширных площадях, слабым и неравномерным развитием транспортной сети на огромных расстояниях [18].

Транспортная уязвимость населения, по мнению П. М. Крылова, определяется особенностями природных условий и социально-экономическими процессами и явлениями. Она может стать дополнительным фактором дезорганизации жизнедеятельности людей в условиях техногенного или природного кризиса на большей части России. По мнению исследователя, на транспортную уязвимость влияют не только расселение, природные условия и уровень экономического развития, но и уровень местного регионального управления, от которого зависит развитие транспортного комплекса в регионе, потребительская активность, уровень автомобилизации и подвижность населения в целом [19].

Neil Simcock et al. рассматривают пересечение энергетической и транспортной уязвимости. Данный вид уязвимости связан с ограничением определённых социально-демографических групп населения к достаточным и надёжным энергетическим услугам [6].

Вопросам социально-экономической уязвимости населения и хозяйства от наводнений посвящено исследование Ю. А. Падалко. На примере территории бассейна р. Урал сделан вывод о высокой уязвимости городских округов и муниципальных образований, имеющих значительную освоенность территории и плотность населения. В качестве адаптационного мероприятия предлагается ввести особые условия использования территорий, попадающих в зону затопления (подтопления) [20].

Наиболее значимыми факторами, влияющими на уязвимость, являются: социально-экономическое развитие, наличие национальной системы, способствующей снижению уязвимости, институты, информированность населения, здоровье и питание, образование, физическая инфраструктура, зависимость от сельского хозяйства, управление, восстановление и реконструкция после бедствий, механизмы распределения и передачи рисков, структура, характер размещения и технологический уровень производства [2; 21; 22].

Проведённый анализ позволил выделить возможные подходы к оценке уязвимости (рис. 1).

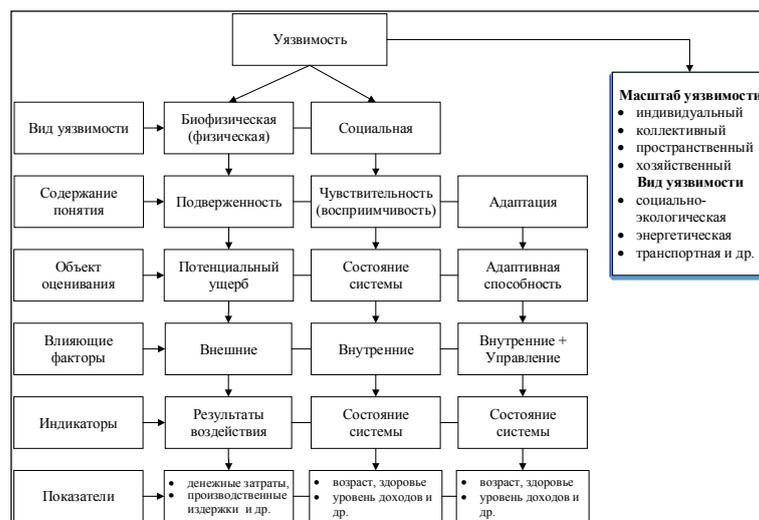


Рисунок 1 — Содержание понятия «уязвимость» применительно к климатическим изменениям

Биофизическая уязвимость связана с измерением ущерба в результате столкновения с опасностью. Социальная уязвимость определяется состоянием системы. В первом случае речь идёт о подверженности системы, во втором случае оценивается чувствительность (восприимчивость) системы. Однако современная оценка уязвимости предполагает оценку адаптационного потенциала системы с целью уменьшения подверженности. В первом случае в качестве индикаторов выступают результаты воздействия, во втором — индикаторы системы.

Уязвимость является существенным аспектом социальных и экономических систем, которая конструируется (или согласуется) в обществе, а это предполагает изучение поведения разных групп населения для понимания адаптационных возможностей и средств реализации стратегий адаптации к изменениям климата [4].

Заключение

В настоящее время оценка уязвимости социальных систем используется для разработки адаптационных мероприятий с целью увеличения способности справляться с различными угрозами, в т. ч. с изменением климата. Значительное количество исследовательских работ посвящено методологии отбора индикаторов уязвимости. Однако сложность происходящих процессов вряд ли делает возможным появление единого перечня индикаторов для оценки состояния системы или описания опасностей. В настоящее время уже разработаны общие методологические требования к проведению оценки, что позволяет проводить сравнения. В зависимости от того, оцениваем мы состояние системы или подверженность опасности, целесообразно использовать индикаторы состояния системы в первом случае или индикаторы результата во втором случае. Конкретные показатели, используемые для оценки, значительно различаются в зависимости от страны, объекта оценивания и предполагаемой опасности. Однако следование общим методологическим подходам позволяет свести различия к минимуму.

Оценки уязвимости социальных систем к изменению климата необходимо проводить в разных контекстах и для различных групп заинтересованных сторон, мотивированных разными проблемами. Современные направления исследования оценки уязвимости социальных систем перед глобальными изменениями климата ориентированы преимущественно на снижение уязвимости сообществ за счет проведения адаптационных мероприятий.

Список литературы

1. Nick Brooks, W. Neil Adger, P. Mick Kelly, The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. URL: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378004000913>.
2. Adger W., Brooks N., Bentham G., Agnew M., Eriksen S. New indicators of vulnerability and adaptive capacity // Tyndall Centre for Climate Change Research. FINAL PROJECT REPORT. January, 2004. 129 p.
3. Colin Polsky, Rob Neff, Brent Yarnal. Building comparable global change vulnerability assessments: The vulnerability scoping diagram. URL: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2007.01.005>.
4. Downing T. E., Patwardhan A., Klein R. J. T., E. Mukhala, L. Stephen, M. Winograd, G. Ziervogel. Assessing vulnerability for climate adaptation // Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures / ed.: B. Lim. Cambridge University Press, 2005. Ch. 3. P. 67–89.
5. Füssel H. M., Klein R. J. T. Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking. URL: <https://doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3>.
6. Neil Simcock, Kirsten E. H. Jenkins, Max Lacey-Barnacle, Mari Martiskainen, Giulio Mattioli, Debbie Hopkins. Identifying double energy vulnerability: A systematic and narrative review of groups at-risk of energy and transport poverty in the global north. URL: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102351>.
7. IPCC: Summary for Policymakers / eds.: H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem // Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / eds.: H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem, B. Rama. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 2022. P. 3–33. doi: 10.1017/9781009325844.001.
8. Земцов С. П., Шартова Н. В., Константинов П. И., Варенцов М. И., Кидяева В. М. Уязвимость населения районов Москвы к опасным природным явлениям // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2020. № 4. С. 3–13.
9. Nick Brooks Vulnerability, Risk and Adaptation: A Conceptual Framework. January 2003 // Tyndall Centre for Climate Change Research. September 2003. Working Paper No 38. 21 p.
10. Philippa M. Shepherd, Jean-Christophe Dissart Reframing vulnerability and resilience to climate change through the lens of capability generation. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092180092200218X>.
11. Быков А. А., Порфирьев Б. Н. Об анализе риска, концепциях и классификации рисков // Проблемы анализа риска. 2006. Т. 3, № 4. С. 319–337.
12. B. L. Turner II, Roger E. Kasperson, Pamela A. Matson, James J. McCarthy, Robert W. Corell, Lindsey Christensen, Noelle Eckley, Jeanne X. Kasperson, Amy Luers, Marybeth L. Martello, Colin Polsky, Alexander Pulsipher, Andrew Schiller. A framework for vulnerability analysis in sustainability science; communicated by Susan Hanson. Worcester: Clark University, 2003. P. 8074–8079. URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>.
13. Schröter D., Polsky C., Patt A. G. Assessing vulnerabilities to the effects of global change: an eight step approach. URL: <https://doi.org/10.1007/s11027-005-6135-9>.
14. Adger W. Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam. URL: [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(98\)00136-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(98)00136-3).
15. Бобылев П. М., Дыган М. М. Адаптация к изменениям климата: новый вызов развитию электроэнергетики России // Энергетическая политика. 2020. № 3 (145). С. 80–94.
16. Семёнов М. А., Комарова О. В. Оценка уязвимости лесного хозяйства лесостепной и степной зон Европейской части России к наиболее вероятным изменениям климата // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 3. С. 76–85. doi: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/3/76-85>.

17. Бадина С. В. Прогнозирование социально-экономических рисков в криолитозоне Российской Арктики в контексте перспективных климатических изменений // Проблемы прогнозирования. 2020. № 4. С. 55–64.
18. Приваловская Г. А., Волкова И. Н. Социально-экономические предпосылки рисков устойчивого развития регионов России // Известия РАН. Серия географическая. 2010. № 3. С. 8–20.
19. Крылов П. М. Транспортная уязвимость населения России в начале XXI в. // Известия РАН. Серия географическая. 2012. № 1. С. 26–35.
20. Падалко Ю. А. Социально-экономическая уязвимость населения и хозяйства регионов российской части бассейна р. Урал от наводнений // Успехи современного естествознания. 2016. № 12–2. С. 439–443.
21. Порфирьев Б. Н. Экономика природных катастроф // Вестник Российской академии наук. 2016. Т. 86. № 1. С. 3–17. doi: 10.7868/S0869587316010102.
22. Тимофеев А. Д. О влиянии климатических флуктуаций на социально-экономическое развитие России // Terra Humana. 2014. № 2. С. 174–178.

References

1. Nick Brooks, W. Neil Adger, P. Mick Kelly. *The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation*. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378004000913>.
2. Adger W., Brooks Nick, Bentham Graham, Agnew Maureen, Eriksen Siri. New indicators of vulnerability and adaptive capacity. *Tyndall Centre for Climate Change Research*. January 2004. 129 p.
3. Colin Polsky, Rob Neff, Brent Yarnal, Building comparable global change vulnerability assessments: The vulnerability scoping diagram. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2007.01.005>.
4. Downing T. E., Patwardhan A., Klein R. J. T., Mukhala E., Stephen L., Winograd M., Ziervogel G. Assessing vulnerability for climate adaptation. *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*. Ed. by B. Lim. Cambridge University Press, 2005. Chapter 3. P. 67–89.
5. Füssel H M., Klein R. J. T. Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3>.
6. Neil Simcock, Kirsten E.H. Jenkins, Max Lacey-Barnacle, Mari Martiskainen, Giulio Mattioli, Debbie Hopkins, Identifying double energy vulnerability: A systematic and narrative review of groups at-risk of energy and transport poverty in the global north. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102351>.
7. IPCC: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem (eds.)]. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]*. Cambridge, New York: Cambridge University Press; 2022. P. 3–33. doi: 10.1017/9781009325844.001.
8. Zemtsov S. P., Shartova N. V., Konstantinov P. I., Varentsov M. I., Kidyayeva V. M. Vulnerability of the population of Moscow districts to hazardous natural phenomenon. *Bulletin of the Moscow University. Series 5: Geography*. 2020;4:3–13 (In Russ.).
9. Nick Brooks Vulnerability, Risk and Adaptation: A Conceptual Framework. January 2003. *Tyndall Centre for Climate Change Research*. September 2003;38:21.
10. Philippa M. Shepherd, Jean-Christophe Dissart Reframing vulnerability and resilience to climate change through the lens of capability generation. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092180092200218X>.
11. Bykov A. A., Porfiriyev B. N. On risk analysis, concepts and classification of risks. *Problems of risk analysis*. 2006;3;4:319-337 (In Russ.).
12. B. L. Turner II, Roger E. Kasperson, Pamela A. Matson, James J. McCarthy, Robert W. Corell, Lindsey Christensen, Noelle Eckley, Jeanne X. Kasperson, Amy Luers, Marybeth L. Martello, Colin Polsky, Alexander Pulsipher, and Andrew Schiller. *A framework for vulnerability analysis in sustainability science*. Worcester: Clark University; 2003:8074-8079. Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>.
13. Schröter D., Polsky C., Patt A. G. *Assessing vulnerabilities to the effects of global change: an eight step approach*. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11027-005-6135-9>.
14. Adger W. *Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam*. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(98\)00136-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(98)00136-3).
15. Bobylev P. M., Dygan M. M. Adaptation to climate change: a new challenge to the development of the Russian electric power industry. *Energy Policy*. 2020;3(145):80–94 (In Russ.).
16. Semenov M. A., Komarova O. V. Assessment of the vulnerability of forestry in the forest-steppe and steppe zones of the European part of Russia to the most likely climate changes. *Bulletin of Voronezh State University. Series "Geography. Geoecology"*. 2022;3:76–85. doi: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/3/76-85> (In Russ.).
17. Badina S. V. Forecasting socio-economic risks in the permafrost zone of the Russian Arctic in the context of promising climate changes. *Problems of forecasting*. 2020;4:55–64.
18. Privalovskaya G. A., Volkova I. N. Socio-economic prerequisites for the risks of sustainable development of Russian regions. *Izvestia RAS. Geographical series*. 2010;3:8–20.
19. Krylov P. M. Transport vulnerability of the Russian population at the beginning of the 21st century. *News of the Russian Academy of Sciences. Geographical series*. 2012;1:26–35.

20. Padalko Yu. A. Socio-economic vulnerability of the population and economy of the regions of the Russian part of the river basin. Ural from floods. *Advances in modern natural science*. 2016;12-2:439–443.
21. Porfiryev B. N. Economics of natural disasters. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2016;86(1):3–17. doi: 10.7868/S0869587316010102.
22. Timofeev A. D. On the influence of climate fluctuations on the socio-economic development of Russia. *Terra Humana*. 2014;2:174–178.

Информация об авторе

Бессонова Т. Н. — кандидат экономических наук, доцент.

Information about the author

Bessonova T. N. — Candidate of Sciences (Economic), Associate Professor.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.08.2023; одобрена после рецензирования 04.09.2023; принята к публикации 15.09.2023.

The article was submitted 22.08.2023; approved after reviewing 04.09.2023; accepted for publication 15.09.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 82–87.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):82–87 (In Russ.).

Научная статья
УДК 551.444
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_82

ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ ПРИОЗЁРНОГО ВАЛА В ПЕЩЕРЕ БАСКУНЧАКСКАЯ®

Головачев Илья Владимирович¹✉, Катков Дмитрий Сергеевич²

¹ Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Астрахань, Россия

² Российский союз спелеологов, Астрахань, Россия

¹ bask_speleo@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0003-3460-1501>

² 90otaku@mail.ru

Аннотация. В работе даётся описание рыхлых отложений, вскрытых исследовательским шурфом в приозёрном вале пещеры Баскунчакской, являющейся крупнейшей карстовой пещерой на территории Прикаспийской низменности. Пещера образована в гипсовых породах кунгурского яруса нижней перми. Пещера известна и посещается людьми уже более ста лет. Она разнообразна по своей морфологии и морфометрии. В ней имеется небольшое пресноводное подземное озеро площадью около 10 м², уровень которого не постояен. Вскрытые отложения показали, что поступление карстовых вод в пещеру через подземное озеро может иногда происходить с сильным напором и в большом объёме, вследствие чего размывается приозёрный вал и на него наносит из глубин пещеры галечниково-гравийные отложения, представленные белёсым мергелем мелового возраста. Таким образом, во время редких подземных паводков озеро начинает действовать как эставелла, вначале работая как источник, а затем как понор. Исследования отложений приозёрного вала позволили лучше понять особенности протекания подземных паводков в пещере Баскунчакской.

Ключевые слова: природный парк Баскунчак, пещера Баскунчакская, сульфатный карст, окрестности озера Баскунчак, пещерные отложения, пещерные озёра, подземные паводки

Для цитирования: Головачев И. В., Катков Д. С. Характеристика отложений приозёрного вала в пещере Баскунчакская // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 82–87. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_82.

CHARACTERISTICS OF THE DEPOSITS OF THE LAKE SHAFT IN THE BASKUNCHAK CAVE

Ilya V. Golovachev¹✉, Dmitry S. Katkov²

¹ Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

² Russian Union of Speleologists, Astrakhan, Russia

¹ bask_speleo@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0003-3460-1501>

² 90otaku@mail.ru

Abstract. The paper describes loose sediments uncovered by a research pit in the lake shaft of the Baskunchak cave, which is the largest karst cave in the Caspian lowland. The cave is formed in gypsum rocks of the Kungur tier of lower Perm. The cave has been known and visited by people for more than a hundred years. It is diverse in its morphology and morphometry. It has a small freshwater underground lake with an area of about 10 m², the level of which is not constant. The exposed sediments showed that the flow of karst water into the cave through an underground lake can sometimes occur with strong pressure and in large volume. As a result, the lake shaft is eroded and pebble-gravel deposits, represented by whitish marl of Cretaceous age, are deposited on it from the depths of the cave. Thus, during rare underground floods, the lake begins to act as an estavella, first working as a source, and then as a ponor. Studies of the deposits of the priozerny rampart made it possible to better understand the features of the flow of underground floods in the Baskunchakskaya cave.

Keywords: Baskunchak Nature Park, Baskunchak cave, sulfate karst, surroundings of Baskunchak Lake, cave deposits, cave lakes, underground floods

For citation: Golovachev I.V., Katkov D.S. Characteristics of the deposits of the lake shaft in the Baskunchak cave. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023; 3 (90): 82–87. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_82 (In Russ.).

Введение

На северо-западном берегу солёного озера Баскунчак Астраханской области, в верхьях балки Пещерной располагается крупнейшая естественная пещера Прикаспийской низменности — пещера Баскунчакская. Её протяжённость около 1,5 км. Она имеет карстовое происхождение и образована в гипсовых позднепалеозойских породах кунгурского яруса нижней перми (Р1кг), вынесенных на дневную поверхность процессами соляной тектоники и представляющих собой кепрок крупного Баскунчакского солянокупольного массива. Породы кепрока сильно трещиноваты и закарстованы. Карстовые процессы продолжают до настоящего времени. Пещера известна уже более ста лет и со второй половины прошлого века активно посещается людьми. В 1993 г. пещера вошла в состав территории вновь организованного государственного природного заказника «Богдинско-Баскунчакский» (в настоящее время природный парк «Баскунчак»). В начале 1940-х гг. впервые довольно подробно описал пещеру в своей статье преподаватель Саратовского университета А. А. Геденов [2]. Он обследовал пещеру на протяжении 350 м. Первую топографическую съёмку пещеры (рис. 1) сделали саратовские спелеологи, которые с 1979 г. активно исследовали пещеру Баскунчакскую и увеличили её протяжённость до 1 480 м за счёт соединения нескольких частей пещеры в единую полость [1]. В 1986 г. к наблюдениям за пещерой подключилась секция спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества, которая продолжает свои исследования по настоящее время [3–8].

Пещера Баскунчакская разработана по вертикальной трещине субмеридионального направления. Она имеет разнообразный подземный рельеф и состоит из участков различной сложности прохождения. В целом пещера сухая и представляет сухо-галерейную стадию своего развития. В пещере имеется небольшое пресноводное подземное озеро площадью около 10 м² (рис. 1), уровень которого непостоянен.

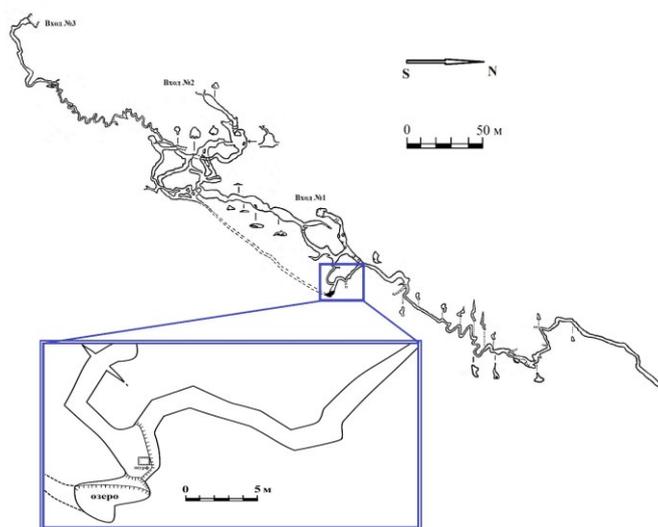


Рисунок 1 — План пещеры Баскунчакской [1] с врезкой части хода с озером (съёмка: И. В. Головачев, А. С. Бойко, Д. С. Катков, 2022 г.)

Отложения в пещере Баскунчакской представлены остаточными, водными механическими, обвальными, водными хемогенными, органогенными, криогенными отложениями [4]. В пещере периодически происходят подземные паводки различной амплитуды и интенсивности.

Результаты исследований

В отложениях приозёрного вала в пещере Баскунчакской 3 октября 2022 г. членами секции спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества был выкопан разведочный шурф глубиной до 1,3 м, шириной 0,6 м и длиной 0,9 м. Шурф вскрыл неоднородные рыхлые отложения, среди которых удалось выделить шесть слоёв, отличающихся между собой по литологии, гранулометрии и включениям (рис. 2). Все выделенные слои также имеют различную мощность и условия залегания.



Рисунок 2 — Отложения в восточной, южной и западной стенках шурфа (фото И. В. Головачева)

Слой № 1. Тёмно-серо-коричневые суглинки с мелкими обломками белесого взмученного с поверхности мергеля мелового возраста (К). Отложения в слое выглядят как крупнозернистый песок. Мощность слоя до 10 см. Текстура слоя представлена слабовыраженной косой слоистостью с падением слойков к западу под углом 25° .

Слой № 2. Тонкая супесь охристого цвета без включений с тёмными слабоволнистыми прослойками. Слой мощностью до 3 см залегает с падением к востоку под углом 20° .

Слой № 3. Мергелистые окатыши белого цвета размером от 1 до 3–4 мм. Максимальная мощность слоя до 3 см. Слой выклинивается в восточном направлении через 25 см.

Слой № 4А. Суглинки, меняющие окраску сверху вниз с коричневого до охры. Границы слоя нечёткие.

Слой № 4Б. Супеси и лёгкие суглинки, меняющие окраску сверху вниз с серо-коричневого до охристого цвета. В нижней части слоя становятся тёмно-коричневыми со слабо волнистыми полосами. Мощность слоя 17 см. Отложения залегают с падением к северу под углом 10° .

Слой № 5. Галечниково-гравийная масса белесых меловых мергелей. Окатанность хорошая. Мощность слоя 30 см. Отложения залегают с падением к северу под углом 10° .

Слой № 6 (костеносный). Светло-коричневые супеси мощностью до 60 см. Отложения залегают с падением к востоку под углом 20° . В рыхлых отложениях этого слоя в изобилии встречаются тонкие косточки различных мелких животных, в т. ч. птиц, амфибий, млекопитающих (грызунов и пр.). Проведена отмывка костного материала из рыхлых отложений слоя № 6 (рис. 3). Собранный костный материал передан на дальнейшее исследование специалистам Палеонтологического института имени А. А. Борисяка РАН.

В основании слоя № 6 залегают глины и редкие гипсовые глыбы.

В левой (восточной) стенке шурфа чётко видно несогласное налегание слоя № 1 на слой № 4 вследствие сильного размыва отложений подземными водами.

Дальнейшее расширение всех трёх стенок шурфа показало, что слой № 6 к югу выклинивается, сменяясь тонкими супесчано-суглинистыми отложениями, а крупные галечниково-гравийные отложения почти полностью исчезают (рис. 4).

В восточной стенке шурфа на глубине около 30–35 см была обнаружена пивная банка с датировкой «30.05.03». На основании этого можно предположить, что отложения, залегающие над ней, накопились примерно за последние 20 лет.

Анализ вскрытых отложений приозёрного вала в пещере Баскунчакской свидетельствует о том, что вода в пещеру во время подземных паводков поступает не только с поверхности через карстовые воронки, но и из подземного озера, которое начинает работать как эставелла (т. е. может работать и как источник, и как понор), поставляя карстовые воды в большом объёме и под большим напором. Об этом свидетельствует наличие большого количества эрозийных фасеток на своде и стенках хода в районе озера.



Рисунок 3 — Костный материал, собранный из отложений слоя № 6 (фото И. В. Головачева)



Рисунок 4 — Отложения в восточной, южной и западной стенках шурфа (фото И. В. Головачева)

В период паводка воды, выходящие из озера, сильно размывают прилегающие части приозёрного вала. С этими водами из озера может поступать большое количество крупного мергелевого галечника и гравия, который выбрасывается поверх вала, покрывая его северный и восточный склоны, затем далее выносятся по тальвегу в Центральную галерею. Судя по отложениям в шурфе, подземные паводки имеют разную интенсивность — от мощных «залповых» до более спокойных. Какой-то определённой закономерности по времени образования подземных паводков пока не выявлено, также окончательно не выяснены их причины. Известны случаи, когда паводок проходил в сильные морозы или даже летом в бездождливый сезон. В то же время в периоды активного снеготаяния и ливней в пещере подземных паводков не наблюдалось, она прекрасно отводила поступающие талодождевые воды вглубь карстующегося массива.

По данным саратовских спелеологов, которые делали электроразведку в пещере Баскунчакской, озеро в своей нижней части переходит в продолжительный канал, забитый галечниково-гравийной массой [1]. Однако, судя по поверхностному карстовому рельефу над пещерой, дело не только в одном погребённом канале. Можно предположить наличие ещё неизвестной не менее крупной части, расположенной восточнее пещеры.

Наличие большого количества тонких косточек мелких грызунов в слое № 6 и их отсутствие в вышележащих слоях, вероятно, можно объяснить крупным подземным паводком, произошедшим 23 января 1993 г., в ходе которого погиб астраханский турист Владимир Рошанский [7]. До этой даты крупных подземных паводков в этой пещере долгое время никем не отмечалось. Пещера много лет активно посещалась самостоятельными туристами с организацией ночёвок в Спальном зале пещеры. В пещере после таких туристов часто оставались брошенные продукты, свечи и различный бытовой мусор, вследствие чего на этом подножном корме в пещере обитало большое количество полёвок и других мелких грызунов. Однако после паводка 1993 г.

полёвки в пещере больше не наблюдались. В верхней части пещерного зала Колокол на вертикальной стене обнаружены следы максимально высоких подземных паводков со следами когтей мелких грызунов, плававших на поверхности паводковых вод и пытавшихся залезть на стену (рис. 5). Эти уровни, согласно проведённой астраханскими спелеологами топографической съёмки, показывают, что максимальный подъём воды в пещере Баскунчакской достигал 20–21 м!



Рисунок 5 — Следы когтей мелких грызунов на стене пещеры (фото И. В. Головачева)

С организацией осенью 1993 г. Государственного природного заказника «Богдинско-Баскунчакский» в пещере Баскунчакской запрещены ночёвки под землёй, а также ежегодно проводятся регулярные добровольные экологические акции по очистке пещеры от мусора, вследствие чего пещера до настоящего времени находится в удовлетворительном экологическом состоянии [3].

Выводы

На основании проведённого исследования можно сделать следующие выводы. Мощные высокие подземные паводки в пещере Баскунчакской явление довольно редкое. Они имеют разную интенсивность и отлагают рыхлый материал различной гранулометрии. Спад паводковых вод происходит постепенно и значительно дольше, чем поступление вод в начале паводка.

Анализируя состав и условия залегания отложений, вскрытых в приозёрном вале, можно предположить, что они вынесены и переотложены во время подземных паводков со дна озера, которое в период прихода паводковых вод с нижележащего уровня пещеры работает как эставелла (т. е. может работать и как источник и как попор).

Секция спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества планирует в дальнейшем продолжить наблюдение за подземным озером в пещере Баскунчакской, а также автохтонными и аллохтонными (аутигенными и аллотигенными) водными механическими отложениями как на участке, прилегающем к пещерному озеру, так и на тальвеге пещерного русла в Центральной галерее. Подобный мониторинг позволит лучше понять особенности гидрогеологии и динамики уровней подземных карстовых вод в окрестностях оз. Баскунчак.

Список литературы

1. Белонович А. В., Цой О. Б. Краткая история и результаты исследования пещеры Баскунчакская // Богдинско-Баскунчакский заповедник и его роль в сохранении биоразнообразия севера Астраханской области. Перспективы развития экологического туризма. Астрахань: Астраханский гос. тех. ун-т, 2004. С. 21–26.
2. Геденов А. А. Пещеры окрестностей оз. Баскунчак // Известия Всесоюзного географического общества. 1940. Т. 72, вып. 3. С. 400–403.
3. Головачев И. В. Карст и пещеры Северного Прикаспия. Астрахань: Астраханский университет, 2010. 215 с.
4. Головачев И. В. Пещера Баскунчакская // Спелеология и спелестология. Набережные Челны: НИСПТР, 2011. С. 9–13.
5. Головачев И. В. Пещеры Баскунчакского региона как объект туризма // Геология, география и глобальная энергия. 2011. № 2 (41). С. 312–318.
6. Головачев И. В. Особенности формирования отложений карстовых пещер // Геология, география и глобальная энергия. 2012. № 1 (44). С. 177–188.
7. Головачев И. В. О чём молчат таблички // Астраханский краеведческий вестник / сост. П. И. Бухарицин, М. А. Кирокосьян. Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2013. Вып. 2. С. 29–35.
8. Головачев И. В., Ермолина А. В. Гидрогеологическая характеристика карстовых вод в окрестностях озера Баскунчак // Геология, география и глобальная энергия. 2018. № 4 (71). С. 30–39.

References

1. Belonovich A.V., Tsoi O. B. A brief history and results of the study of the Baskunchak cave. *Bogdinsky-Baskunchak Reserve and its role in the conservation of biodiversity in the north of the Astrakhan region. Prospects for the development of ecological tourism*. Astrakhan: Astrakhan State Technical University; 2004:21–26 (In Russ.).
2. Gedeonov A. A. Caves in the vicinity of the lake Baskunchak. *News of the All-Union Geographical Society*. 1940;72(3):400–403 (In Russ.).
3. Golovachev I. V. *Karst and caves of the Northern Caspian*. Astrakhan: Astrakhan University; 2010:15 (In Russ.).
4. Golovachev I. V. Baskunchakskaya cave. *Speleology and speleology*. Naberezhnye Chelny: NISPTR; 2011:9–13 (In Russ.).
5. Golovachev I. V. Caves of the Baskunchak region as an object of tourism. *Geology, Geography and Global Energy*. 2011;2(41):312–318 (In Russ.).
6. Golovachev I. V. Features of formation of deposits of karst caves. *Geology, Geography and Global Energy*. 2012;1(44):177–188 (In Russ.).
7. Golovachev I. V. What the tablets are silent about. *Bukharitsin P. I., Kirokosyan M. A. Astrakhan Regional History Bulletin*. Astrakhan: Publisher: Roman V. Sorokin; 2013;2:29–35 (In Russ.).
8. Golovachev I. V., Ermolina A.V. Hydrogeological characteristics of karst waters in the vicinity of Lake Baskunchak. *Geology, Geography and Global Energy*. 2018;4(71):30–39 (In Russ.).

Информация об авторах

Головачев И. В. — кандидат географических наук, доцент;
Катков Д. С. — член Российского союза спелеологов.

Information about the authors

Golovachev I. V. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Katkov D. S. — member of the Russian Union of Speleologists.

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 06.06.2023; одобрена после рецензирования 19.06.2023; принята к публикации 10.07.2023.

The article was submitted 06.06.2023; approved after reviewing 19.06.2023; accepted for publication 10.07.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 88–94.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):88–94 (In Russ.).

Научная статья
УДК 579.246.4
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_88

НОВЫЕ АСПЕКТЫ В БИОЛОГИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ[©]

Закутнова Вера Ивановна^{1✉}, Пилипенко Владимир Николаевич², Григорян Лилит Норай-
ровна³, Закутнова Елена Борисовна⁴

^{1,2,3} Астраханского государственного университета им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия

⁴ Средняя общеобразовательная школа № 64, Астрахани, Россия

¹ verazakutnova@rambler.ru ✉

² ei@asu.edu.ru

³ lilyagrigoryan90@gmail.com

⁴ lena-zakutnova@mail.ru

Аннотация. Приводятся результаты биологического исследования в арендованном помещении по адресу: г. Астрахань, ул. Чкалова, 137. Исследования выполнялись на основе нормативных правовых документов: СанПиН 2.2.4.1294-03 «Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ (Собрание законодательства Российской Федерации, 1999, № 14, ст. 1650) и Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 2000 г. № 554 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2000, № 31, ст. 3295). Представлены этапы биологического исследования двух помещений, состоящие из визуального осмотра, специальной подготовки, взятия образцов колоний плесени из различных мест исследуемых помещений, перенос образцов на стерильную питательную среду в чашки Петри (на 10 дней в оптимальные условия). В результате проведения идентификации образовавшихся колоний плесени, определен видовой состав: *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Cladosporium herbarum*.

Ключевые слова: плесень, идентификация плесневых грибов, чашка Петри, гигрометр-психрометр, нормативные документы, литер (лит.)

Для цитирования: Закутнова В. И., Пилипенко В. Н., Григорян Л. Н., Закутнова Е. Б. Новые аспекты в биологическом исследовании и идентификация плесневых грибов // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 88–94. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_88.

Благодарности: выражаем благодарность ФГБУ Россельхозцентр г. Астрахани за предоставленную возможность определить идентификацию плесневых грибов на современном оборудовании.

NEW ASPECTS IN BIOLOGICAL RESEARCH AND IDENTIFICATION OF MOLD FUNGI

Vera I. Zakutnova^{1✉}, Vladimir N. Pilipenko², Lilit N. Grigoryan³, Elena B. Zakutnova⁴

^{1,2,3} Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

⁴ Secondary school No. 64, Astrakhan, Russia

¹ verazakutnova@rambler.ru ✉

² ei@asu.edu.ru

³ lilyagrigoryan90@gmail.com

⁴ lena-zakutnova@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a biological study in a rented room at Astrakhan, st. Chkalova, 137. The studies were carried out on the basis of regulatory legal documents: SanPiN 2.2.4.1294 - 03" Federal Law "On the Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population" dated March 30, 1999 No. 52 - FZ (Collection of Legislation of the Russian Federation, 1999, No. 14, Art. 1650) and the Regulations on State Sanitary and Epidemiological Regulation, approved by Decree of the Government of the Russian Federation of 2000 No. 554 (Collected Legislation of the Russian Federation, 2000, No. 31, Art. 3295). The stages of a biological study of two rooms are presented, consisting of a visual inspection, special preparation, sampling of mold colonies from various places in the rooms under study, transferring samples to a sterile nutrient medium in Petri dishes (for 10 days under optimal conditions). As a result of the identification of the formed mold colonies, the species composition was determined: *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Cladosporium herbarum*.

Keywords: mold, identification of mold fungi, Petri dish, hygrometer-psychrometer, regulatory documents, letter (lit.)

For citation: Zakutnova V. I., Pilipenko V. N., Grigoryan L. N., Zakutnova E. B. New aspects in biological research and identification of mold fungi. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;3(90):88–94. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_88 (In Russ.).

Acknowledgements: we express our gratitude to the Federal State Budgetary Institution Rosselkhoz nadzor of Astrakhan for the opportunity to determine the identification of mold fungi on modern equipment.

Материалы и методы исследования

Выращены образцы микромицетов. Влажность в помещениях измерялась гигрометром-психрометром ВИТ-2. Исследования микроскопических грибов проводились методами: «раздавленная капля» [11], микроскопирование под увеличением 40×, 4×, 10× (микроскоп “Duo-scope 45LCD”) [10–12]. Исследования проводились в испытательной лаборатории филиала ФГБУ «Россельхозцентр» (г. Астрахань, ул. 5-я Котельная, 9), уполномоченной на право проведения работ по испытанию объектов в Системе добровольной сертификации (РОСС RU. В 934.04ШР01 от 07.06.2012).

При исследовании культуральных свойств плесневых грибов использовали дневное освещение. Отметили, что в основном цвет мицелия определялся по цвету колонии, причём её обратной стороны, в результате появления новых пигментов колонии были разнообразных цветов: *Aspergillus niger* (от тёмно-серого до густого чёрного); *Penicillium chrysogenum* (буро-зелёный); *Cladosporium herbarum* (блестящий чёрный).

При микроскопировании под увеличении 40×, 4×, 10× отметили их разнообразие в чашках Петри: на поверхности блестящие, яркие, красные, жёлтые, зеленовато-черновато-оранжевые капли выделений колоний. Споры различных размеров, различающиеся по форме, со сложными разветвлениями и переплетениями гиф, в виде гроздей и длинных цепочек. Колонии ворсистые, пушистые, различных цветов.

В настоящее время исследования плесени актуально и своевременно. Особенно остро данная проблема наблюдается в жилых помещениях (офисах, квартирах, домах, пекарнях и т. д.). По литературным данным [10], около 300 видов способны поражать живой организм [9], а такие роды, как *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, являются сильными аэроаллергенами [6].

Кроме того, рост и развитие микромицетов сопровождаются нарастанием количества спор, клеточных фрагментов, аллергенов, микотоксинов, экзо- и / или эндомикотоксинов, гликанов и летучих органических соединений (метаболитов) в воздухе, которые могут нанести существенный вред здоровью людей [2].

Контакт жителей современных городов с микроскопическими плесневыми грибами (микромицетами) происходит постоянно: в быту, на работе, в транспорте, во время пребывания на улице. В настоящее время особенно остро стоит проблема изучения микробиоты различных помещений, в том числе общественных и жилых, где население современных городов проводит значительную часть времени [8; 7].

Закономерности распространения сапротрофных микромицетов в антропогенных биотопах привлекают внимание из-за многообразия форм микроскопических грибов, которые всегда находятся в среде обитания человека, а также в воздухе помещений [1; 4; 5].

Дома при строительстве или ремонте могут стать аккумулятором микромицетов, влияющих на здоровье человека, преодолев защитные барьеры кожи и слизистых оболочек у него. В основном грибы попадают в помещения из воздуха отдельными конидиями или спорами, иногда обрывками гиф и конидиофоров [13; 3].

Неприхотливость к среде обитания, большое биологическое разнообразие обуславливают как повсеместное распространение, так и изобилие микромицетов в окружающей среде [14].

Результаты исследований и их обсуждение

Биологическое исследование было проведено в определённые сроки. При визуальном осмотре внутренних стен помещений отметили необходимость биологического исследования, так как обнаружили пятна плесени на потолках, в проёмах окон, особенно большое количество ярких колоний, поднимающихся вверх от пола по стенам.

Были поставлены задачи:

- выявить наличие грибковых поражений;
- с помощью прибора «Гигрометр-психрометр ВИТ-2» измерить влажность в помещениях;
- разделить помещения исследования на площади поражения колониями плесени;
- выявить таксономическую принадлежность грибов (видовой состав);
- рекомендовать в помещениях выполнить специальную обработку участков, поражённых плесенью.

Биологическое исследование было проведено в определённые сроки в 10:00 в объёме лит. «В», помещение № 1–2.

До начала исследования двери и окна были закрыты для соблюдения условий, необходимых для определения влажности. Первым действием было измерение влажности в исследуемом помещении измерительным прибором «Гигрометр-психрометр ВИТ-2», в котором имеются два термометра, ртутный шарик одного из которых обернут влажной тканью, конец ткани опущен в чашечку с водой для поддержания влажности. Этот термометр называют влажным, в отличие от другого, называемого сухим.

Через 20 мин. был получен результат: отчёт по общей шкале: сухость — 24; влажность — 22. При подсчёте общая влажность помещения № 1–2 лит. «В» равна 87 %.

При визуальном осмотре отмечено грибковое поражение бетонных стен и потолка, особенно слева от входа — «угловое поражение» с распространением на стены и потолок. Справа площадь поражения также угловая, но с меньшим распространением по бетонным стенам. В наибольшей степени грибковое поражение имеют потолочные поверхности. Затем были взяты образцы в исследуемом помещении.

Чашка Петри 1 — на стерильную питательную среду сусло-агар стерильным скальпелем взята проба образцов с бетонной стены левого угла (сплошное биоповреждение микромицетами от пола до потолка) и равномерно распределено на стерильное питательное застывшее сусло-агар (до 15 мг).

Чашка Петри 2 — потолок: образцы взяты из ограниченной крупной колонии, нанесены на стерильное питательное застывшее сусло-агар (до 15 мг) и равномерно распределены скальпелем.

Чашка Петри 3 — правый угол стены: образцы взяты со штукатурки по стенам, нанесены на стерильную питательную среду застывшего сусло-агара (до 15 мг) и равномерно распределены скальпелем.

Биологические исследования были продолжены в помещениях № 3 и 4 лит. «Б» по такой же схеме (измерение влажности и забор образцов). Влажность:

а) лит. «Б» помещение № 3 — отчёт по общей шкале: сухость — 21, влажность — 17; при подсчёте общая влажность помещения № 3 составила 77 %;

б) лит. «Б» помещение № 4 — отчёт по общей шкале: сухость — 22, влажность — 19, общая влажность помещения № 4 составила 77 %.

При визуальном осмотре нежилого помещения № 3 лит. «Б» площадью 93,4 м² массовых биоповреждений плесенью на стенах не отмечено, выявлено только одно плесневое (грибковое) поражение (до 20 см) под вытяжной трубой, отмечен видимый рост и запах плесени, здесь же отмечены потёки вдоль трубы.

При визуальном осмотре нежилого помещения № 4 лит. «Б» площадью 189,5 м² массовых биоповреждений стен плесенью не отмечено. Найдено только одно грибковое поражение в углу, при переходе в помещение лит. «Н», площадью до 15 см² с характерным запахом плесени.

Чашка Петри 4 — под трубой взяты образцы из ограниченного (до 20 см²) грибкового поражения; отмечены потёки вдоль трубы; образцы нанесены на стерильное питательное сусло-агар (до 15 мг) и равномерно распределены скальпелем.

Чашка Петри 5 — правый угол бетонной стены при переходе в лит. «Н»: образцы взяты на бетонной стене из ограниченного грибкового поражения (до 15 см). Образцы равномерно распределены на стерильное питательное сусло-агар (до 15 мг).

Все чашки Петри, заполненные образцами, были перенесены в оптимальные условия: сухое помещение с температурой до +37° С сроком на 10 дней.

При просмотре плесневых грибов под микроскопом отметили их разнообразие.

В чашках Петри на поверхности блестящие, ярко-красные, местами зеленоватые, черно-ваго-оранжевые капли выделений колоний. Споры различных размеров и формы.

Таким образом, в ходе проведённой идентификации 25.05.2018 было определено видовое разнообразие плесневого (грибкового) поражения: *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Cladosporium herbarum*.

Лит. «В», нежилое помещение № 1–2 площадью 324 м² — визуально имеется поражение плесенью.

Лит. «Б», помещение № 3 площадью 93,4 м² — массового плесневого (грибкового) поражения стен не отмечено, однако присутствуют признаки биоповреждения плесенью — пятна плесени до 20 см под вытяжной трубой. Отмечен видимый рост и характерный запах плесени. Здесь же отмечены потёки.

Лит. «Б», помещение № 4 площадью 189,5 м² — массового плесневого (грибкового) поражения стен не отмечено. Имеет место биоповреждение плесенью — пятна плесени до 15 см при переходе в лит. «Н». Отмечен характерный запах плесени.

Таблица — Идентификация плесневых грибов (25.05.2018)

Результаты идентификации	Культуральные свойства	Кол-во, шт.
Лит. «В», помещение № 1–2, левый угол; взято с цемента по стенам; чашка Петри 1		
<i>Aspergillus niger</i>	После 10 суток выращивания взятых образцов на питательной среде сусло-агар отмечены колонии черновато-оранжевые до чёрного цвета. В радиусе 27 мм многочисленные конидии. На оставшейся поверхности головки на концах конидий, собранные группами с небольшими расстояниями друг от друга. Весь край колонии образован мицелиальной оболочкой с шипами. Головки конидий доходят до 120 мкм. Стеригмы двух слоёв: первый — от 12,5 × 5,0 мкм; второй имеет такие же размеры (до 5,0 мкм). В основном конидии округлые, а их вздутия от округлой до вытянутой формы. Длина конидиеносцев в среднем до 455 мкм, а их поперечное сечение — от 20 доходит до 30 мкм. Сами конидии, несущие головки, не имеют пигмента. Пигмент отмечен в большом количестве в месте соприкосновения конидиев с пузырьком	397
<i>Penicillium chrysogenum</i>	После 10 суток выращивания взятых образцов на питательной среде сусло-агар отмечены колонии буро-зеленоватого цвета с обратной стороны. В радиусе 5 мм многочисленные конидии. В оставшейся поверхности наблюдаются в большом количестве головки на конидиях. Весь край колонии образован мицелиальной оболочкой с перегородками, имеющими различные разветвления, на которых появляются конидии со спорами. После десятидневного выращивания на сусло-агаре колония разрастается до 12 мкм. Сами колонии образованы голубоватым покровом из раскидано-воздушных гиф зеленоватого цвета. Колония быстро растёт, мицелий уплотняется, на нём образуются вздутые клетки	95
<i>Cladosporium herbarum</i>	После 10 суток выращивания взятых образцов на питательной среде сусло-агар отмечен блестящий чёрный цвет колоний. В радиусе 30 мм многочисленные хорошо выраженные конидиеносцы, извилистые и колеччатые. Длина до 180 мкм, ширина 3–6 мкм. Имеется интеркалярное вздутие диаметром от 7 до 9 мкм. Конидии формируют длинные ветвистые цепочки. Форма эллиптическая, концы закручены. На оставшейся поверхности незрелые головки конидий, собранные группами с небольшими расстояниями друг от друга	1
Лит. «В», помещение № 1–2, потолок; взято из ограниченной крупной колонии; чашка Петри 2		
<i>Aspergillus niger</i>	После 10 суток выращивания взятых образцов на питательной среде сусло-агар отмечены колонии черновато-оранжевые до чёрного цвета. В радиусе 15 мм многочисленные конидии. В оставшейся поверхности — головки на концах конидий, собранные группами с небольшими расстояниями друг от друга. Весь край колоний образован мицелиальной оболочкой с шипами. Головки конидий в среднем 120 мкм. Стеригмы двух слоёв: первый — от 12,5 × 5,0 мкм; второй имеет такие же размеры (до 5,0 мкм). В основном конидии округлые, а их вздутия от округлой до вытянутой формы. Длина конидиеносцев в среднем до 455 мкм, а их поперечное сечение — от 20 до 30 мкм. Сами конидии, несущее головки, не имеют пигмента. Пигмент отмечен в большом количестве в месте соприкосновения конидиев с пузырьком	453
<i>Penicillium chrysogenum</i>	После 10 суток выращивания взятых образцов на питательной среде сусло-агар отметили буро-зеленоватого цвета колонии с обратной стороны. В радиусе 4 мм многочисленные конидии. На оставшейся поверхности наблюдаются в большом количестве головки на верхних концах конидий. Весь край колоний образован мицелиальной оболочкой. Мицелию характерны разветвлённые перегородки, на которых появляются конидии со спорами. После десятидневного выращивания на сусло-агаре колония разрастается до 12 мкм в диаметре. Сама колония образована голубоватым покровом из раскидано-воздушных гиф зеленоватого цвета. Колония быстро растёт, мицелий уплотняется, на нём образуются вздутые клетки	48
<i>Cladosporium herbarum</i>	После 10 суток выращивания взятых образцов на питательной среде сусло-агар отмечены чёрного цвета колонии. В радиусе 36 мм многочисленные конидии. Конидиеносцы хорошо выражены, извилистые и колеччатые. Длина до 180 мкм, толщина 3–6 мкм. Имеется интеркалярное вздутие диаметром от 7 до 9 мкм. Конидии формируют длинные ветвистые цепочки. Форма эллиптическая, концы закруглены. В оставшейся поверхности головки на концах конидий собранные группами с небольшими расстояниями друг от друга	1

Продолжение табл.

Результаты идентификации	Культуральные свойства	Кол-во, шт.
Лит. «В», помещение № 1–2, правый угол; взято со штукатурки стены; чашка Петри 3		
<i>Aspergillus niger</i>	После 10 суток выращивания взятых образцов на питательной среде сусло-агар отмечены чёрного цвета колонии. В радиусе 5 мм многочисленные конидии. В оставшейся поверхности отмечены головки на концах конидий, собранные группами с небольшим расстоянием друг от друга. Весь край колонии покрыт несозревшими головками до 6 мкм. Периферическое пространство колонии ограничено мицелиальной оболочкой с щипами. Стеригмы двух слоёв до 5,0 мкм. Конидии в основном округлые, а их вздутия — от округлой до вытянутой формы. Длина конидиеносцев в среднем до 455 мкм, а их поперечное сечение доходит до 30 мкм. Сами конидии, несущие головки, не имеют пигмента. Пигмент скапливается в большом количестве вместе соприкосновения конидий с пузырьком	529
Лит. «Б», помещение № 3, взято под трубой; поражение ограниченное (до 20 см); чашка Петри 4		
<i>Aspergillus niger</i>	После 10 суток выращивания взятых образцов на питательной среде сусло-агар отмечены черновато-оранжевые до чёрного цвета колонии. В радиусе 12 мм многочисленные конидии. На оставшейся поверхности головки на концах конидий, собранные группами на небольшом расстоянии друг от друга. Весь край колонии покрыт несозревшими головками до 6 мкм. Мицелиальная оболочка с щипами окружает край колонии, которая к центру уплотняется. Стеригмы двух слоёв, в среднем до 5,0 мкм имеют оба слоя. В основном конидии округлые, а их вздутия — от округлой до вытянутой формы до 4,0 мкм. Длина конидиеносцев в среднем до 455 мкм, а их поперечное сечение — от 20 мкм доходит до 30 мкм. Сами конидии, несущие головки, не имеют пигмента. Пигмент отмечен в большом количестве вместе соприкосновения конидий с пузырьком	174
<i>Penicillium chrysogenum</i>	После 10 суток выращивания взятых образцов на питательной среде сусло-агар отмечены буро-зеленоватого цвета колонии. В радиусе 3 мм многочисленные конидии. В оставшейся поверхности наблюдаются в большом количестве конидии, несущие головки. Весь край колоний образован мицелиальной оболочкой с перегородками, имеющими различные разветвления, на которых появляются конидии. Выращенные на сусло-агаре колония разрастается до 12 мкм в диаметре. Сами колонии образованы голубоватым покровом из раскидано-воздушных гиф зеленоватого цвета. Колония быстро растёт, мицелий уплотняется, на нём образуются вздутые клетки	22
Лит. «Б», помещение № 4; взято из правого угла при переходе в лит. «Н»; поражение ограничено (до 15 см); чашка Петри 5		
<i>Aspergillus niger</i>	После 10 суток выращивания, взятых образцов на питательной среде сусло-агар, отмечены черного цвета колонии. В радиусе 22 мм многочисленные конидии. В оставшейся поверхности отмечены головки с небольшим расстоянием друг от друга. Весь край колонии покрыт не созревшими головками до 6 мкм. Периферическое пространство ограничено мицелиальной оболочкой с щипами. Стеригмы двух слоев до 5,0 мкм. Конидии в основном округлые, а их вздутия от округлой до вытянутой формы. Длина конидиеносцев в среднем до 455 мкм, а их поперечное сечение доходит до 30 мкм. Сами конидии, несущие головки, не имеют пигмента. Пигмент скапливается в большом количестве в месте соприкосновения конидий с пузырьком	446
<i>Penicillium chrysogenum</i>	После 10 суток выращивания взятых образцов на питательной среде сусло-агар наблюдали: колонии от бурого до зелёного цвета, причём с обратной стороны. В радиусе 6 мм многочисленные конидии. На оставшейся поверхности в большом количестве головки на верхних концах конидий. Весь край образован мицелиальной оболочкой. Мицелию характерны перегородки, на которых появляются конидии со спорами. После выращивания на сусло-агаре колония разрастается до 12 мкм в диаметре. Сами колонии образованы голубоватым покровом из раскидано-воздушных гиф зеленоватого цвета. Колония быстро растёт, мицелий уплотняется на нём образуются вздутые клетки	64

На площади поражения плесневыми грибами в лит. «Б», помещениях № 3 и 4, отмечены локально в виде пятен на толщину отделочного слоя (до 1 см) с характерным запахом плесени.

Нами отмечено, что в указанных помещениях возникли очаги поражения плесени в результате следующих факторов: повышенная влажность воздуха в нежилых помещениях, которая в день исследования составила: в лит. «В» помещение, № 1–2 — 87 %; лит. «Б», помещения

№ 3–4 — 77 %. На повышение влажности могло повлиять нарушение эксплуатационного режима помещения, высокая температура и влажность, в период осуществления производственного процесса, а также повышенная влажность, сырость стен и потолков данных помещений, неисправная вентиляция.

Можно задать себе вопрос: «Какова давность возникновения плесени?» Проанализировав множество литературных источников, различные технологии изучения плесени, ответить точно не представляется возможным, так как нет таких методик по определению давности возникновения плесени. Необходимы мониторинговые исследования на протяжении длительного времени. Однако при проведении идентификации плесневых грибов в результате количественного учёта микроскопических грибов можно предположить о присутствии спор в течение длительного времени (не менее 1 года).

Микроскопические грибы при определённых условиях способны развиваться в почве, на строительных материалах (листовая обшивка стен, подвесные потолки) и конструкциях зданий. Количество влаги на поверхностях и внутри строительных материалов — наиболее важный фактор, запускающий рост микроорганизмов, в том числе грибов.

Характерной особенностью распространения плесени в помещениях № 1–2 лит. «В» является то, что наибольшая концентрация микроорганизмов прослеживается в верхней части стен и на потолочных поверхностях на участках, где отсутствуют элементы вентиляции — вытяжные отверстия и трубы. На тех участках, где эти элементы есть, концентрация колоний микроорганизмов значительно меньше. Таким образом, прослеживается прямая связь между наличием непрветриваемых зон и повышенной температурой, влажностью воздуха (потолки и верхняя часть стен на участках без вентиляционных устройств) и интенсивностью распространения плесени. Также установлено, что на нижних поверхностях стен, т. е. на участках возможного повышения увлажнения из-за пониженной температуры и капиллярного поступления влаги, распространение плесени минимально.

Было рекомендовано провести дезинфекцию с участием специалистов в помещениях, поражённых плесенью.

Учитывая результаты данных биологических исследований в конкретном производственном помещении рекомендовать: проводить подобную работу во всех организациях, связанных с пищевым производством.

Список литературы

1. Антропова А. Б., Биланенко Е. Н., Мокеева В. Л., Чекунова Л. Н., Желтикова Т. М. Микромитеты — источники аллергенов в жилых помещениях различных регионов // Проблема медицинской микологии. 2010. Т. 12, № 2. С. 60.
2. Васильева Н. В., Еленина Н. П. Микроорганизмы и патогены — индукторы процессов старения больничных зданий и помещений медицинского назначения, а также возбудителей некоторых заболеваний людей. Санкт-Петербург: Коста, 2009. 224 с.
3. Власов Д. Ю., Тешебаев Ш. Б., Зеленская М. С., Кирцидели И. Ю., Рябушева Ю. В. Микологическое воздействие материалов в помещениях как фактор риска для здоровья полярников // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 1. С. 17–21.
4. Viegas S., Pinheiro A., Sabino R., Brandão J., Verissimo S. Environmental mycology in public health: risk assessment and management of fungi and mycotoxins. Academic press, 2015. 458 p.
5. Грищенко Т. Д., Дудчик Н. В., Ганькин А. Н., Просвирнакова И. А., Пшегорода А. Е. Оценка микогенной нагрузки внутри помещения // Сахаровские чтения: в 3-х частях / под ред. С. А. Маскевича, С. С. Познака. Минск: М-во финансов Республики Беларусь, 2018. С. 32–33.
6. Губернский Ю. Д., Беляева Н. Н., Калинина Н. В., Мельникова А. И., Чуприна О. В. К вопросу распространения и проблемы гигиенического нормирования грибкового загрязнения воздушной среды жилых и общественных зданий // Гигиена и санитария. 2013. № 5. С. 98–104.
7. Кряжев Д. В. Условно-патогенные плесневые грибы в воздушной среде городских помещений (аналитический обзор) // Медиаль. 2020. № 2 (26). С. 35–44.
8. Lugauskas A., Jaskėlevičius V. Mycological state of living quarters in Vilnius // Mycology and phytopathology. 2009. Vol. 43. P. 207–215.
9. Лусс Л. В. Аллергия — болезнь цивилизации: эпидемиология, фактор риска, этиология, классификация, механизмы развития // Аллергология. 2002. № 2 (2). С. 9–11.
10. Нетрусов А. И., Егорова М. А., Захарчук Л. М., Колотилова Н. Н. Практикум по микробиологии. Москва: Академия. 2005. 608 с.
11. Нетрусов А. И., Котов И. Б. Микробиология. Москва: Академия, 2006. 352 с.
12. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. Москва: Колос, 1993. 175 с.
13. Чарушина И. П. Сравнительный анализ микобиоты стационаров различного профиля // Проблемы медицинской микологии. 2015. № 17 (1). С. 47–51.

14. Чернявец Е. О., Романенко Л. И., Березовчук Ю. П., Олейник З. А. Гигиеническая характеристика микологического загрязнения воздуха жилых общественных помещений // Современные аспекты здоровьесбережения. Минск: Белорусский гос. мед. ун-т, 2019. С. 760–765.

References

1. Antropova A. B., Bilanenko E. N., Mokeeva V. L., Chekunova L. N., Zheltikova T. M. Micromycetes — sources of allergens in living quarters of various regions. *Problem of medical mycology*. 2010;12(2):60 (In Russ.).
2. Vasilyeva N. V., Elenina N. P. *Microorganisms and pathogens are inducers of aging processes in hospital buildings and medical facilities, as well as pathogens of some human diseases*. St. Petersburg: Kosta; 2009:224 (In Russ.).
3. Vlasov D. Yu., Teshebaev Sh. B., Zelenskaya M. S., Kirtsideli I. Yu., Ryabusheva Yu. V. Mycological impact of indoor materials as a health risk factor for polar explorers. *Hygiene and sanitation*. 2019;98(1):17–21 (In Russ.).
4. Viegas S., Pinheiro A., Sabino R., Brandão J., Verissimo S. *Environmental mycology in public health: risk assessment and management of fungi and mycotoxins*. Academic press, 2015:458.
5. Gritsenko T. D., Dudchik N. V., Gankin A. N., Prosvirnakova I. A., Pshetroda A. E. Estimation of indoor mycogenic load. *Sakharov Readings*: in 3 parts. Ed. by S. A. Maskevich, S. S. Poznak. Minsk: Ministry of Finance of the Republic of Belarus; 2018:32–33 (In Russ.).
6. Gubernsky Yu. D., Belyaeva N. N., Kalinina N. V., Melnikova A. I., Chuprina O. V. On the issue of distribution and problems of hygienic regulation of fungal air pollution in residential and public buildings. *Hygiene and Sanitation*. 2013;5:98–104 (In Russ.).
7. Kryazhev D. V. Opportunistic mold fungi in the air of urban premises (analytical review). *Medial*. 2020;2(26):35–44 (In Russ.).
8. Lugauskas A., Jaskelvičius B. Mycological state of living quarters in Vilnius. *Mycology and phytopathology*. 2009;43:207–215.
9. Luss L.V. Allergy is a disease of civilization: epidemiology, risk factor, etiology, classification, mechanisms of development. *Allergology*. 2002;2(2):9–11 (In Russ.).
10. Netrusov A. I., Egorova M. A., Zakharchuk L. M., Kolotilova N. N. *Workshop on microbiology*. Moscow: Academy; 2005:608 (In Russ.).
11. Netrusov A. I., Kotov I. B. *Microbiology*. Moscow: Academy; 2006:352 (In Russ.).
12. Tepper E. Z., Shilnikova V. K., Pereverzeva G. I. *Workshop on microbiology*. Moscow: Kolos; 1993:175 (In Russ.).
13. Charushina I. P. Comparative analysis of mycobiota in hospitals of various profiles. *Problems of Medical Mycology*. 2015;17(1):47–51 (In Russ.).
14. Chernyavets E. O., Romanenko L. I., Berезovchuk Yu. P., Oleinik Z. A. Hygienic characteristics of mycological air pollution in residential public premises. *Modern aspects of health conservation*. Minsk: Belarus State Medical University; 2019:760–765 (In Russ.).

Информация об авторах

Закутнова В. И. — доктор биологических наук, профессор;
Пилипенко В. Н. — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой;
Григорян Л. Н. — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник;
Закутнова Е. Б. — учитель.

Information about the authors

Zakutnova V. I. — Doctor of Sciences (Biological), Professor;
Pilipenko V. N. — Doctor of Sciences (Biological), Professor, Head of the Department;
Grigoryan L. N. — Candidate of Sciences (Biological), Leading Researcher;
Zakutnova E. B. — Teacher.

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 10.07.2023; одобрена после рецензирования 02.08.2023; принята к публикации 17.08.2023.

The article was submitted 10.07.02.2023; approved after reviewing 02.08.2023; accepted for publication 17.08.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 95–101.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):95–101 (In Russ.).

Научная статья
УДК 910.3: 504.436 (470.325)
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_95

РЕКРЕАЦИОННАЯ ОЦЕНКА РОДНИКОВ®

Новых Лариса Леонидовна^{1✉}, Гайденко Елена Михайловна², Новых Иван Евгеньевич³,
Родионова Мария Евгеньевна⁴
^{1, 2, 3, 4}Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Белгород, Россия

¹ novykh@bsu.edu.ru

² lopina@bsu.edu.ru

³ novykh_i@bsu.edu.ru

⁴ zamuravaeva@bsu.edu.ru

Аннотация. В ходе мониторинговых исследований на территории Белгородской области осуществлено изучение родников Ровенского района. Одним из основных направлений использования родников в области является рекреационное, поэтому была проведена рекреационная оценка родников на основе авторской методики. Обсуждены основные компоненты такой методики и перспективные направления её совершенствования. Проанализировано природное разнообразие родников района и их различия по дебиту, выделены группы родников, отличающиеся по уровню рекреационной привлекательности. Установлено, что в рассматриваемом районе преобладают родники с низким или неудовлетворительным уровнем рекреационной оценки. Родников с очень высокой оценкой нет, доля родников с высокой оценкой низкая, поэтому необходима разработка мероприятий по повышению уровня такой оценки. Анализ факторов, понижающих оценку, позволяет определить направление таких мероприятий.

Ключевые слова: родники, оценка родников, родниковая воронка, мел, склоны балок, памятник природы, дебит, паспортизация родников, шкала рекреационной оценки, уровень рекреационной значимости

Для цитирования: Новых Л. Л., Гайденко Е. М., Новых И. Е., Родионова М. Е. Рекреационная оценка родников // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3. С. 95–101. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_95.

RECREATIONAL ASSESSMENT OF SPRINGS

Larisa L. Novykh^{1✉}, Elena M. Gaidenko², Ivan E. Novykh³, Maria E. Rodionova⁴
^{1, 2, 3, 4}Belgorod National Research University, Belgorod, Russian Federation

¹ novykh@bsu.edu.ru

² lopina@bsu.edu.ru

³ novykh_i@bsu.edu.ru

⁴ zamuravaeva@bsu.edu.ru

Abstract. In the course of monitoring studies on the territory of Belgorod Oblast, springs of Rovensky District were studied. One of the main directions of springs use in the region is recreational, so recreational assessment of springs was carried out on the basis of the author's methodology. The main components of such methodology and promising directions of its improvement were discussed. The natural diversity of springs in the region and their differences in flow rate were analyzed, and groups of springs differing in the level of recreational attractiveness were identified. It was found that springs with a low or unsatisfactory level of recreational assessment prevail in the area under consideration. There are no springs with very high assessment, the share of springs with high assessment is low, so it is necessary to develop measures to increase the level of such assessment. The analysis of factors lowering the assessment allows to determine the direction of such measures.

Keywords: springs, springs assessment, spring funnel, chalk, beam slopes, natural monument, flow rate, springs passportization, recreational assessment scale, level of recreational significance

For citation: Novykh L. L., Gaidenko E. M., Novykh I. E., Rodionova M. E. Recreational assessment of springs. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;3(90):95–101. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_95 (In Russ.).

Введение

Родники представляют собой естественные выходы природных вод на поверхность. Эти объекты привлекают внимание, т. к. широко представлены рекреационное, хозяйственно-питьевое, туристическое, природоохранное и научное направления использования родников. Очевидно, каждая сфера интересов человека предъявляет различные требования к оценке значимости (роли) родника.

В работе [12] отмечается, что в изучении родников усиливаются «экологическое» и «рекреационное» направления исследования, а специфика исследований зависит от исторических, экономических, социально-культурных особенностей регионов.

Ранее мы анализировали подходы к изучению родников в разных регионах мира [5], что позволило установить влияние геоэкологических и социокультурных особенностей регионов на характер их использования. В развитых странах с высоким уровнем урбанизации хозяйственно-питьевое значение родников снижается, но усиливается рекреационное направление использования. Часто родники выполняют роль экологических маркеров или элементов в сложной системе отслеживания изменений климата. В ряде регионов России основным направлением использования родников по-прежнему остаётся хозяйственно-питьевое, но всё шире распространяется рекреационное.

Занимаясь изучением родников Белгородской области, авторы столкнулись с проблемой их оценки для разных целей. Так как одним из важных направлений использования родников в области является рекреационное, было обращено внимание на такую оценку. Изучение литературы показало, что предпринимаются многочисленные попытки оценить рекреационные свойства самих родников или их влияние на рекреационные свойства ландшафта. Так, в работе [10] предлагается система оценивания источников одного из регионов Индии с точки зрения геотуристического потенциала на основе использования параметров самого родника (гидрологические и геоморфологические характеристики, значимость для локальной экосистемы, природная красота местности) и вовлечённости объекта в локальную рекреационную программу (доступность, обустроенность, наличие мониторинга природных вод, значимость объекта для местного населения).

Существует подход к оцениванию родников, который рассматривает рекреационные и другие социальные эффекты. При оценке социальной значимости родников и их интегрированности в локальные культуры используются показатели: посещаемость; упоминание в интернет-источниках и других источниках информации; связь с культовыми событиями или конкретными туристическими программами и фестивалями [11].

Е. Г. Катковой с соавторами [2] проведено районирование территории Горного Алтая по уровню рекреационного потенциала. Установлено, что важным фактором развития рекреации являются родники, т. к. рекреационная привлекательность источников и окружающих их ландшафтов взаимно дополняют друг друга, тем самым родники создают дополнительный рекреационный потенциал территории. На рекреационную привлекательность влияют гидрохимические характеристики источников и наличие каптажных устройств.

На кафедре географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности НИУ «БелГУ» была разработана шкала оценки родников с учетом их рекреационной значимости, которая активно используется авторами при паспортизации родников (табл. 1).

Таблица 1 — Шкала оценки родников с учетом их рекреационной значимости

Показатель	Характеристика	Баллы
Архитектура и композиция	Комплекс сооружений	1
	Отдельное сооружение, благоустроенная беседка	0,5
	Навес над колодцем или отсутствие навеса и самого колодца	0
Эстетика	Красиво	1
	Более или менее красиво	0,5
	Некрасиво	0
Купальня	Закрытая	1
	Открытая или оборудованная заводь для купания	0,5
	Нет	0
Качество воды	Соответствует СанПиН	1
	Не соответствует	0
Ландшафтная ценность пейзажа	Высокая	1
	Средняя	0,5
	Низкая	0
Дебит	Высокий или средний (более 1 л/с)	1
	Удовлетворительный (0,2–1,0 л/с)	0,5
	Недостаточный (менее 0,2 л/с)	0

Продолжение табл. 1

Показатель	Характеристика	Баллы
Свободный доступ к роднику	Дорога с твёрдым покрытием или обустроенная дорожка	1
	Грунтовая дорога, натоптанная тропинка	0,5
	Отсутствие дороги или очень затрудненный подход	0
Оборудование мест отдыха	Стол, лавочки, навес над ними	1
	Стол, лавочки без навеса, или отсутствие стола	0,5
	Отсутствуют	0
Обеспечение санитарно-гигиенических требований при пользовании родником	Есть сруб или кольцо, крышка, вода течет из трубы	1
	То же, но отсутствует крышка	0,5
	Есть крышка и навес, вода течёт самотеком, но глубина родниковой воронки не менее 0,5 м	0,5
	То же, но глубина воронки менее 0,5 м либо отсутствие и крышки, и навеса	0
Наличие на территории бытового мусора	Отсутствует	1
	Единичный	0,5
	Часто встречающийся	0

В основе отбора показателей и их ранжирования лежат результаты опросов студентов, преподавателей, местных жителей территорий области, где представлены родники. Всего было опрошено 150 человек, опросы проводились в 2015–2016 гг.

Для оценки уровня рекреационной значимости родников по сумме баллов предлагается следующая шкала:

- 0–2 балла — очень низкий (неудовлетворительный);
- 2,5–4 балла — низкий;
- 4,5–6 баллов — средний;
- 6,5–8 баллов — высокий;
- 8,5–10 баллов — очень высокий.

Представленная шкала является равномерной, т. к. каждый показатель оценивается одинаковой максимальной суммой баллов, равной 1, т. е. все параметры оценки считаются равно значимыми. В то же время известны оценки, в которых на основе математико-статистических расчетов факторы ранжированы по своей значимости для оценки, поэтому характеризуются разным числом баллов. Примером такой шкалы является «Шкала оценки пейзажной выразительности», предложенная Б. И. Кочуровым и Н. В. Бучацкой [3], в которой показатели оцениваются баллами от 1 до 3. Применение такой шкалы в исследованиях одного из авторов статьи [4] показало перспективность неравномерного подхода к оценке. Полагаем, что совершенствование рекреационной оценки родников также должно включать ранжирование отдельных параметров по их значимости. В то же время, как показали предыдущие исследования, предлагаемая равномерная шкала оценки уже представляет определённый интерес и позволяет выявить некоторые закономерности, поэтому может использоваться на первом этапе оценки.

Основными методами исследования являлись: экспедиционный, опросный, описание, измерение, сравнительный анализ, классификация, картографический, математико-статистический.

Выбор Ровеньского района в качестве обследуемой территории обусловлен тем, что необходимо исследовать все районы и городские округа области для получения общей репрезентативной картины и выявления родников, наиболее ценных в рекреационном отношении. Для некоторых территориальных образований такая работа была проведена ранее, теперь получены результаты по Ровеньскому району, далее планируются аналогичные работы по другим районам.

В данной статье при характеристике родников мы не используем бассейновый подход, хотя в последние годы использовали его широко, т. к. он позволяет изучать функциональные взаимосвязи компонентов природы в рамках природных геосистем. Тема обсуждается в рамках административно-территориального деления, т. к. ряд параметров рекреационной оценки обусловлены не природными особенностями территории, а подходами к обустройству родников, которые схожи в пределах административно-территориальных единиц.

Результаты и их обсуждение

Ранее мы рассматривали применение представленной шкалы на примере родников Белгородского городского округа [6]. В ходе мониторинговых обследований нами было изучено 35 родников Ровеньского района, обновлены или составлены их паспорта, проведены ряд оценок, в том числе и оценка рекреационной значимости.

Ровеньский район находится на юго-востоке Белгородской области, в подзоне южной лесостепи и степи, в пределах Айдарского и Калитвинско-Ураевского ПТК. Большая часть территории района относится к Айдарскому речному бассейну, а северная часть – к бассейну

р. Чёрная Калитва. Эта территория входит преимущественно в Калитвинско-Богучарский геоморфологический район. Здесь преобладает величина горизонтального расчленения земной поверхности 0,8–1,0 км/км² и вертикальное расчленение 50–70 м. Значительное вертикальное расчленение территории приводит к обнажению коренных (меловых) пород, а эрозионные врезы достигают горизонтов грунтовых вод. Эти процессы приводят к тому, что основными водоносными системами являются четвертичная и меловая в долинах рек и палеогеновая в пределах междуречий [1].

Среди изученных родников Ровенского района 33 находятся на территории Айдарского бассейна и два – в бассейне р. Черная Калитва. Шесть родников являются памятниками природы регионального значения. К ним, согласно [7], относятся родники Белая криница (пос. Ровеньки), в сёлах Всесвятка, Лозовое, Фомино, в хуторах Личманы и Широконь. Все они вошли в состав ООПТ района в 1991 г. Совершенствование сети ООПТ района, проведённое в 2017 г., не привело к изменению перечня охраняемых родников.

Большая часть исследованных родников изучалась нами ранее (в 2004–2009 и 2015–2016 гг.), что позволяет рассматривать проводимые исследования как мониторинговые. При паспортизации родников была использована схема паспорта, разработанная учёными Московского геологоразведочного университета [9].

На рисунке 1 представлена картосхема размещения изученных родников на территории Ровенского района. Около 50 % источников расположены в долине р. Сармы (левый приток Айдара).

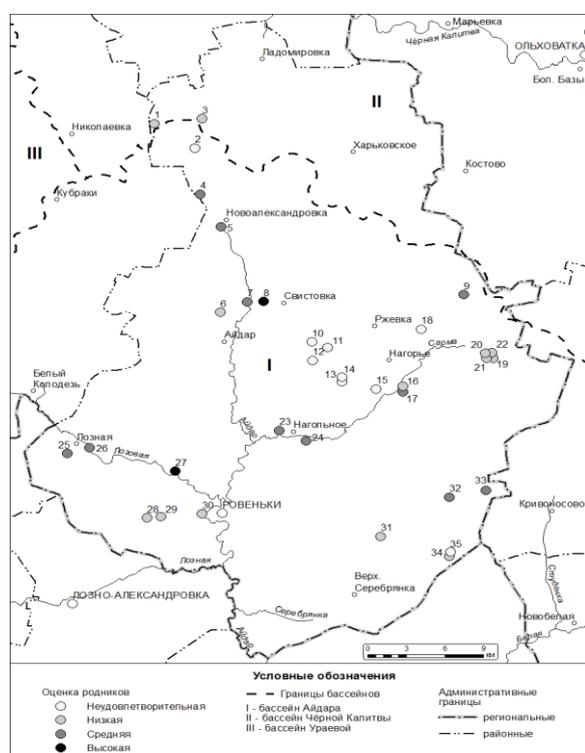


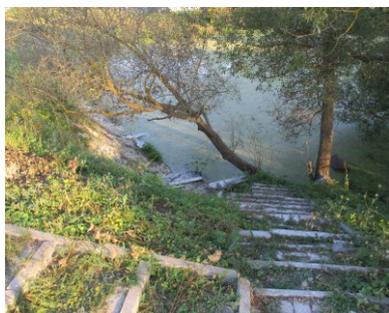
Рисунок 1 — Картосхема размещения изученных родников на территории Ровенского района и их рекреационная оценка

Расчётный средний дебит родников равен 3,5 л/с, что соответствует среднедебитному варианту. Однако это значение приблизительное, фактическое должно быть больше, т. к. для некоторых крупных родников точно определить дебит невозможно. К таким родникам относятся объекты с. Новоалександровка № 4 (Истоки Айдара) и № 5 (Крещенский родник), представляющие собой крупные родниковые воронки (заводи).

На рисунке 2 показаны фото названных высокодебитных родников. В таблице 2 проанализированы особенности рассматриваемых родников.

Анализ режима использования родников показывает, что вся совокупность делится на три равных массива: используемые регулярно, используемые нерегулярно и неиспользуемые. Соответственно, каждый массив составляет 33 %.

Среди типов использования преобладает хозяйственно-питьевое – 29 %, часто встречается рекреационное – 23 %. Около 20 % родников используются комплексно. Были выявлены два родника, у которых наблюдается три типа использования (рекреационное, хозяйственно-питьевое, культовое) — это родники № 9 в с. Еремовка и № 27 в пос. Ровеньки (Белая криница).



а



б

Рисунок 2 — Высокодебитные родники в с. Новоалександровка:
 а — «Истоки Айдара»; б — «Крещенский родник»

Таблица 2 — Показатели, характеризующие природное разнообразие родников района

Параметр	Группа, лидирующая по встречаемости	Некоторые закономерности
Водоносные породы	Меловые породы — 66 %	Влияние сводового поднятия Воронежской антеклизы на увеличение роли мела в формировании родников
Рельеф	Склоны балок — 51 %	Большая часть родников (57 %) приурочены к балкам; 43 % — к долинам рек и ручьев
Растительность	Лугово-болотная с примесью сорных видов — 43 %	Чаще вблизи родников представлена не лесная, а травянистая растительность (63 %)
Оборудование родников	Не оборудованы — 55 %	Представлены крупные и небольшие родниковые воронки, родниковые поля или выходы воды непосредственно из склона
Температура воды	Преобладающее значение 11° С	По классификации [8] все родники относятся к классу холодных. Температура воды – от 6 до 17° С
Дебит	Малодебитные (менее 1 л/с) — 49 %	Среднедебитные (1–10 л/с) — 34 %, высокодебитные (более 10 л/с) — 17 %

На картосхеме (рис. 1) показано, что на территории района распространены четыре группы родников по уровню рекреационной оценки. На рисунке 3 представлена доля родников, относящихся к каждой из оценок.

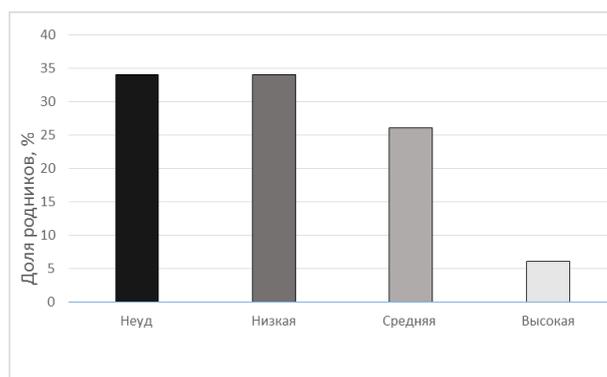


Рисунок 3 — Доля родников района с разным уровнем рекреационной оценки

Две оценки — неудовлетворительная (0–2 балла) и низкая (2,5–4,0 балла) — представлены в равных долях. Около четверти всех родников демонстрируют среднюю оценку и только 6 % (2 объекта) соответствуют высокой оценке. Родники с очень высокой оценкой (8,5–10,0 баллов) отсутствуют. Средняя рекреационная оценка изученных родников составила 3,4 балла (низкая), стандартное отклонение — 1,87 балла, варьирование высокое — 57 %.

Назовём наиболее ценные в рекреационном отношении объекты, родники, которые имеют высокую оценку, — это Родничок в с. Свистовка (6,5 балла) и родник Белая криница в пос. Ровеньки (8 баллов; рис. 4–5).



Рисунок 4 — Родничок в с. Свистовка (№ 8 на картосхеме)



Рисунок 5 — Родник Белая криница в пос. Ровеньки (№ 27 на картосхеме)

Оба родника характеризуются высоким дебитом (14 и 17 л/с, соответственно) и обустройством. Более высокая оценка Белой криницы обусловлена наличием закрытой купели.

Основными факторами, снижающими рекреационную оценку родников, являются их низкий уровень обустройства, снижение ландшафтной ценности пейзажа вследствие развития высокостебельной болотной растительности, низкий дебит, затруднённый доступ к роднику, отсутствие мест отдыха. Ряд параметров из представленного списка может быть скорректирован с помощью соответствующих мероприятий.

Выводы и рекомендации

Таким образом, представленная система оценки рекреационной значимости родников позволяет выделить группы родников, различающиеся по уровню рекреационной привлекательности. Для Ровеньского района установлена заметная доля родников, имеющих по заданному параметру среднюю или высокую оценку, — 32 %. В то же время 68 % изученных родников имеют неудовлетворительный или низкий уровень рекреационной оценки, т. е. для большинства родников необходима разработка мероприятий по повышению её уровня.

Исходя из факторов, снижающих рекреационную оценку родников, следует рекомендовать следующие мероприятия: обустройство родников, которые используются населением, их расчистку, повышение доступности родников путем организации дорожек или тропинок, создание мест отдыха в окрестностях родников.

Список литературы

1. Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство / отв. ред. А. Г. Корнилов; ред.: А. Н. Петин, Ю. Г. Чендев, В. И. Петина [и др.]. Белгород: КОНСТАНТА, 2018. 200 с.
2. Каткова Е. Г., Оборин М. С., Климова О. В. Рекреационный потенциал родников на территории Горного Алтая. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rekreatsionnyy-potentsial-rodnikov-na-territorii-gornogo-altaya> (дата обращения: 31.08.2023).
3. Кочуров Б. И., Буцацкая Н. В. Оценка эстетического потенциала ландшафтов // Юг России: Экология, развитие. 2007. № 4. С. 25–34.

4. Лопина Е. М., Корнилов А. Г., Тохтарь В. К. Эстетическая оценка территории ботанического сада НИУ «БелГУ» // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2013. № 24 (167). С. 77–82.
5. Новых Л. Л., Раевская М. В. Основные подходы, некоторые особенности использования и изучения родников в мировой практике // Природопользование: от истории к современности. Куражковские чтения /сост. А.Н. Бармин. Астрахань, 2022. С. 18–22.
6. Новых Л. Л., Раевская М. В. Современные подходы к оценке родников // Современные научные исследования: исторический опыт и инновации = Якаевские чтения – 2023. Краснодар: ИМСИТ, 2023. С. 459–467.
7. Об утверждении Положений о памятниках природы и дендрологических парках регионального значения Белгородской области: Постановление Правительства Белгородской области от 10.07.2017 № 269-пп. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/3100201707170004?index=28&range> (дата обращения: 29.05.2021).
8. Справочное руководство гидрогеолога / В. М. Максимов, В. Д. Бабушкин, Н. Н. Веригин [и др.]. Ленинград: Недра, 1979. Т. 1. 512 с.
9. Швец В. М., Лисенков А. Б., Попов Е. В. Родники Москвы. Москва: Научный мир, 2002. 160 с.
10. Ghosh A., Mukhopadhyay S. Evaluation of springs and waterfalls as Geomorphosites and proposition of strategies to develop Geotourism at Ajodhya hill, Puruliya district, Eastern India // GeoJournal. 2022. Vol. 87 (1). P. 87–99.
11. Groundwater hydrology of springs / N. Kresic et al. New York: Elsevier Inc., 2009. 574 p.
12. Springer A., Stevens L. Spheres of discharge of springs // Hydrogeology Journal. 2009. Vol. 10. P. 128–140.

References

1. Geographical atlas of the Belgorod region: nature, society, economy. Ed. A. G. Kornilov and A. N. Petin, Yu. G. Chendev, V. I. Petina et al. Belgorod: CONSTANTA; 2018:200.
2. Katkova E. G., Oborin M. S., Klimova O. V. *Recreational potential of springs on the territory of Gorny Altai*. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rekreatsionnyy-potentsial-rodnikov-na-territorii-gornogo-altaya> (accessed: 08.31.2023).
3. Kochurov B. I., Buchatskaya N. V. Assessment of the aesthetic potential of landscapes. *South of Russia: Ecology, development*. 2007;4:25–34.
4. Lopina E. M., Kornilov A. G., Tokhtar V. K. Aesthetic assessment of the territory of the botanical garden of the National Research University "BelSU". *Scientific bulletins of the Belgorod State University. Series "Natural Sciences"*. 2013;24(167):77–82.
5. Novykh L. L., Raevskaya M. V. Basic approaches, some features of the use and study of springs in world practice. *Barmin A. N. Nature management: from history to modernity. Kurazhkov readings*. Astrakhan: 2022:18–22.
6. Novykh L. L., Raevskaya M. V. Modern approaches to the assessment of springs. *Modern scientific research: historical experience and innovation = Yakaevsky readings — 2023*. Krasnodar: IMSIT; 2023:459–467.
7. *On approval of the Regulations on natural monuments and dendrological parks of regional significance in the Belgorod region: Decree of the Government of the Belgorod region dated July 10, 2017 No. 269-pp*. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/3100201707170004?index=28&range> (accessed: 05.29.2021).
8. Maksimov V. M., Babushkin V. D., Verigin N. N. et al. *Reference Guide for Hydrogeologists*. Leningrad: Nedra; 1979;1:512.
9. Shvets V. M., Lisenkov A. B., Popov E. V. *Springs of Moscow*. Moscow: Nauchnyy mir; 2002:160.
10. Ghosh A., Mukhopadhyay S. Evaluation of springs and waterfalls as Geomorphosites and proposal of strategies to develop Geotourism at Ajodhya hill, Puruliya district, Eastern India. *Geo-Journal*. 2022;87(1):87–99.
11. Kresic N. et al. *Groundwater hydrology of springs*. New York: Elsevier Inc.; 2009:574.
12. Springer A., Stevens L. Spheres of discharge of springs. *Hydrogeology Journal*. 2009;10:128–140.

Информация об авторах

Новых Л. Л. — кандидат биологических наук, доцент;
Гайденко Е. М. — кандидат географических наук, доцент;
Новых И. Е. — кандидат географических наук, доцент;
Родионова М. Е. — кандидат географических наук, доцент.

Information about the authors

Novykh L. L. — Candidate of Sciences (Biological), Associate Professor;
Gaidenko E. M. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Novykh I. E. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Rodionova M. E. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor.

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

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

Статья поступила в редакцию 16.08.2023; одобрена после рецензирования 29.08.2023; принята к публикации 11.09.2023.

The article was submitted 16.08.2023; approved after reviewing 29.08.2023; accepted for publication 11.09.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 102–107.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):102–107 (In Russ.).

Научная статья
УДК 556.3
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_102

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВОДОНОСНОГО НИЖНЕКАЗАНСКОГО КОМПЛЕКСА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА КАЗАНИ®

Петрова Дарья Ивановна^{1✉}, Бреслер Лия Хайдаровна²
^{1, 2} Казанский (приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
¹ daipetrova@kpfu.ru
² lhbresler@kpfu.ru

Аннотация. Человеческая деятельность оказала значительное влияние на изменение гидросферы в последние десятилетия. Подземные водоносные горизонты, благодаря естественной защищённости, служат обычно надёжным источником водоснабжения. Однако при высокой проницаемости перекрывающих отложений и техногенном влиянии в подземные воды могут поступать из поверхностной гидросферы химические компоненты, что приводит к трансформации (ухудшению) качества подземных вод. Целью исследования является ретроспективный гидрохимический анализ водоносного нижеказанского комплекса на территории Казани по содержанию основных макрокомпонентов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-), что позволяет рассмотреть последствия влияния техногенеза на подземные воды крупного российского города. Созданные гидрохимические модели за последние 60 лет выявили значительный рост хлоридов и нитратов в подземных водах нижеказанского комплекса, что связано с промышленной деятельностью и урбанизацией. Рекомендуется проведение постоянного гидрохимического мониторинга для обнаружения техногенно-преобразованных участков с последующей реабилитацией загрязнённых подземных вод.

Ключевые слова: подземные воды, гидрохимия, техногенез, мониторинг, ГИС, Казань

Для цитирования: Петрова Д. И., Бреслер Л. Х. Геоэкологическая безопасность водоносного нижеказанского комплекса на территории города Казани // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 102–107. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_102.

Благодарности. Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № FZSM-2023–0014.

GEOECOLOGICAL SAFETY OF THE WATER-BEARING LOWER KAZANIAN COMPLEX IN THE TERRITORY OF THE CITY OF KAZAN

Daria I. Petrova^{1✉}, Liya Kh. Bresler²
^{1, 2} Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation
¹ daipetrova@kpfu.ru
² lhbresler@kpfu.ru

Abstract. Human activity has had a significant impact on the change in the hydrosphere in recent decades. Underground aquifers, due to their natural protection, usually serve as a reliable source of water supply. However, with high permeability of overlying sediments and technogenic impact, chemical components can enter groundwater from the surface hydrosphere, which leads to the transformation (deterioration) of groundwater quality. The aim of the study is a retrospective hydrochemical analysis of the aquiferous lower Kazanian complex on the territory of Kazan in terms of the content of the main macrocomponents (Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-), which allows us to consider the consequences of the impact of technogenesis on the groundwater of a large Russian city. The hydrochemical models created over the past 60 years have revealed a significant increase in chlorides and nitrates in the groundwater of the lower Kazanian complex, which is associated with industrial activity and urbanization. It is recommended to conduct permanent hydrochemical monitoring to detect technogenically transformed sites with subsequent rehabilitation of contaminated groundwater.

Keywords: groundwater, hydrochemistry, technogenesis, monitoring, GIS, Kazan

For citation: Petrova D. I., Bresler L. Kh. Geoecological safety of the water-bearing lower Kazanian complex in the territory of the city of Kazan. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;3(90):102–107. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_102 (In Russ.).

Acknowledgements: the work was carried out at the expense of a subsidy allocated to Kazan Federal University to fulfill a state task in the field of scientific activity, project no. FZSM-2023–0014.

Изучение влияния техногенеза на состояние подземных вод в пределах урбанизированной территории является одной из наиболее важных социальных и геоэкологических задач [1]. Качество подземных вод, несоответствующее принятым природоохранным нормам [9], представляет угрозу для здоровья человека и снижает благоприятность окружающей среды в целом. Одними из самых главных химических макрокомпонентов техногенного и антропогенного происхождения на урбанизированных территориях являются хлориды и нитраты [2]. Хлориды натрия, кальция и калия, используемые для борьбы с обледенением дорог в зимний период, приводят к интенсивному загрязнению ионами хлора гидросферы городов [3]. Промышленные и хозяйственно-бытовые городские стоки с нитратами могут проникать в эксплуатируемые подземные водоносные горизонты за счёт вертикальной фильтрации через проницаемые породы, что подтверждается повышенными содержаниями нитрат-иона в водах населённых пунктов России [4].

Казань относится к интенсивно развивающимся городам Российской Федерации, где техногенные объекты и промышленная деятельность оказывают существенное влияние на геоэкологическую обстановку. В настоящее время на долю подземных вод приходится около 20 % от всего объёма городского водопотребления. Проблема водоснабжения города усугубляется экологической ненадёжностью Волжского поверхностного водозабора (80 % современного водоснабжения Казани), не имеющего перспективы дальнейшего развития. Поэтому увеличение доли водоснабжения из подземных источников и сохранение качества вод относятся к наиболее актуальным направлениям гидрогеологических исследований. Всё это требует проведения количественной оценки влияния техногенных факторов на подземную гидросферу на промышленных и урбанизированных территориях [5; 6]. Так, например, изучение химических показателей позволяет выявить влияние человеческой деятельности на подземную гидросферу [7–9].

Характеристика объекта и методы исследования

Территория г. Казани расположена в пределах Камско-Вятского артезианского бассейна и включает следующие подземные водоносные комплексы (сверху вниз, рис. 1) четвертичный аллювиальный (aQ); плиоценовый аллювиальный (aN₂); верхнеказанский карбонатно-терригенный (P₂kz₁); нижнеказанский карбонатно-терригенный (P₂kz₂); сакмарский сульфатно-карбонатный (P₁s).

Четвертичный и плиоценовый водоносные комплексы характеризуются весьма изменчивой мощностью: от 7 м над выступами пермских пород до 125–130 м в тальвегах эрозионных врезов. Отложения четвертичного возраста представлены мелкозернистыми песками с прослоями глин и суглинков. Водовмещающими породами плиоценового комплекса являются пески, суглинки с прослоями и линзами глин. Главная роль в строении отложений пермского возраста принадлежит песчано-глинистым и карбонатным породам.

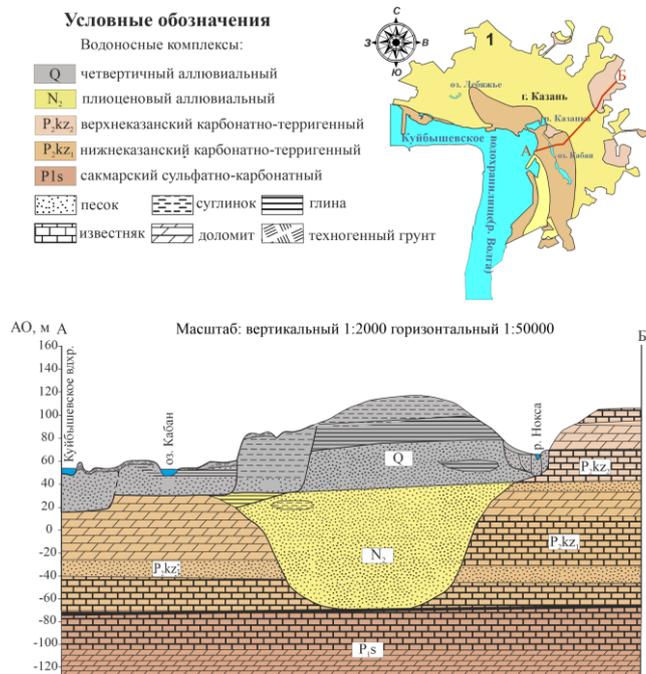


Рисунок 1 — Геологическая карта (из Кочуров, 2002) и гидрогеологический разрез

Основным выдержанным коллектором пресных подземных вод на территории города является нижеказанский водоносный карбонатно-терригенный комплекс. Подземные воды последнего эксплуатируются в Казани большим количеством скважин и широко используются для производственного водоснабжения промышленных предприятий и хозяйственно-питьевых нужд. В скважинах проводятся режимные наблюдения. Авторами из многочисленных геологических отчетов и архивных материалов собраны результаты 2 243 химических анализов вод нижеказанского комплекса за период с 1960 по 2022 г., выполненных по стандартным методикам в аттестованных лабораториях. С помощью математико-статистического анализа выявлены статистические параметры основных геохимических показателей качества питьевых подземных вод г. Казани в пространстве и времени. На основе геоинформационных технологий выполнено пространственное распределение содержания Cl^- и NO_3^- .

Результаты исследования и их обсуждения

Химический состав вод нижеказанского комплекса в последние десятилетия формируется за счёт совместного развития природных (физико-географический, геологический, физико-химический, биологический) факторов и техногенного пресса. В работе приводится оценка качества подземных вод нижеказанского комплекса с 1960 по 2020 г. Данный отрезок времени разбит на два периода: индустриальный и постиндустриальный. Первый (индустриальный) период включает результаты гидрохимических исследований второй половины XX в. (с 1960 по 2000 г.); второй (постиндустриальный) период включает результаты исследований начала XXI в. (2001–2020 гг.). Статистические параметры основных компонентов обоих периодов приведены в таблице.

Таблица — Статистические параметры для макрокомпонентов подземных вод нижеказанского комплекса на территории г. Казани

Компонент	Среднее значение		Среднеквадратическое отклонение		Коэффициент вариации, %	
	1	2	1	2	1	2
Жесткость, ОЖ	17,15	17,33	7,3	15,0	42,6	86,6
pH, ед. pH	7,16	7,20	0,4	0,4	5,6	5,6
Минерализация, мг/л	1282,7	1386,5	758,4	759,8	59,1	54,8
Ca^{2+} , мг/л	228,90	274,90	114,6	202,4	50,1	73,6
Mg^{2+} , мг/л	71,10	46,50	35,8	35,38	50,4	76,1
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$, мг/л	23,80	51,60	26,5	52,3	111,3	101,6
HCO_3^- , мг/л	385,50	333,00	165,4	112,32	42,9	33,7
SO_4^- , мг/л	571,20	301,60	359,3	176,2	62,9	58,4
Cl^- , мг/л	16,40	33,20	12,2	32,5	84,9	120,9
NO_3^- , мг/л	1,90	10,50	1,8	7,72	68,4	138,9

Примечание: 1 — период 1960–2000 гг.; 2 — период 2001–2020 гг.

Минерализация вод нижеказанского комплекса характеризуется значительными колебаниями (от 138 до 2 780 мг/л) при средних значениях 1 282,7 и 1 386,5 мг/л, соответственно, для первого (1960–2000 гг.) и второго (2000–2020 гг.) периодов. Содержания кальция за весь период наблюдений характеризуются стабильностью, а сам кальций доминирует среди катионов. Одним из важных источников кальция в подземных водах являются карбонатные водовмещающие породы: известняки, доломиты и известковистый цемент пород. К природным процессам, которые создают кальциевый тип вод нижеказанского комплекса на исследуемой территории, относятся растворение выщелачивание кальцита CaCO_3 и доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ в карбонатных породах. Как правило, накопление в водах ионов гидрокарбоната лимитируется присутствием кальция, образующего с гидрокарбонат-ионом слаборастворимую соль. Уменьшение значений гидрокарбонатов в XXI в. связано с уменьшением диоксида углерода (CO_2), который образуется за счёт распада органических остатков.

Сульфат-ион определяет во многом качество и класс воды и связан с природным растворением выщелачивания гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ангидрита CaSO_4 , а также окислением сульфидов и серы. В период с 1960 по 2000 г. концентрация сульфатов немного превышала ПДК (500 мг/л). В XXI в. сульфаты уменьшились почти в два раза и в среднем составляют около 300 мг/л. Это может свидетельствовать о снижении техногенной нагрузки в постиндустриальный период

за счёт сокращения некоторых химических производств и ликвидации твёрдотопливных (угольных) энергетических предприятий Казани с одновременным созданием более экологических промышленных установок.

Анализ значений коэффициента вариации основных компонентов в водах нижеказанского комплекса можно связать с интенсификацией урбанистических процессов на территории Казани в XXI в. Так, самая высокая вариабельность в настоящем веке зафиксирована у хлорид-иона (120,9 %) по сравнению с прошлым веком (менее 85 %). Подобная, но более ярко выраженная тенденция характерна для поведения нитрат-иона. Так, в XX в. средний коэффициент вариации нитратов составил менее 70 %, тогда как в настоящее время он достигает почти 140 %.

Данные по химическому составу вод нижеказанского комплекса Казани представлены на диаграмме Пайпера [9]. Последняя позволяет наглядно показать различия содержаний катионов и анионов за исследуемые периоды (рис. 2).

подавляющая часть анализов попадают в области двух гидрохимических типов: 1) Ca – Mg – Cl – SO₄ (I тип); 2) Ca – Mg – HCO₃ (IV тип). Первый из типов преимущественно сформировался за счёт перетекания вод из нижепермских водоносных подразделений в эвапоритовых породах (гипс, ангидрит и др.). Второй гидрокарбонатный тип (IV тип на диаграмме Пайпера) связан с атмосферными осадками и последующей фильтрацией вод из вышележащих водоносных подразделений в терригенных породах — песках, алевролитах, глинах, карбонатах (рис. 1).

Особенно чётко на диаграмме Пайпера различаются содержания хлорид-иона для анализируемых периодов (рис. 2). По сравнению с индустриальным периодом, в постиндустриальный период происходит значительное (в 2 раза) увеличение хлорид-иона (см. табл.) и воды нижеказанского комплекса начинают приближаться к хлоридному типу (рис. 2).

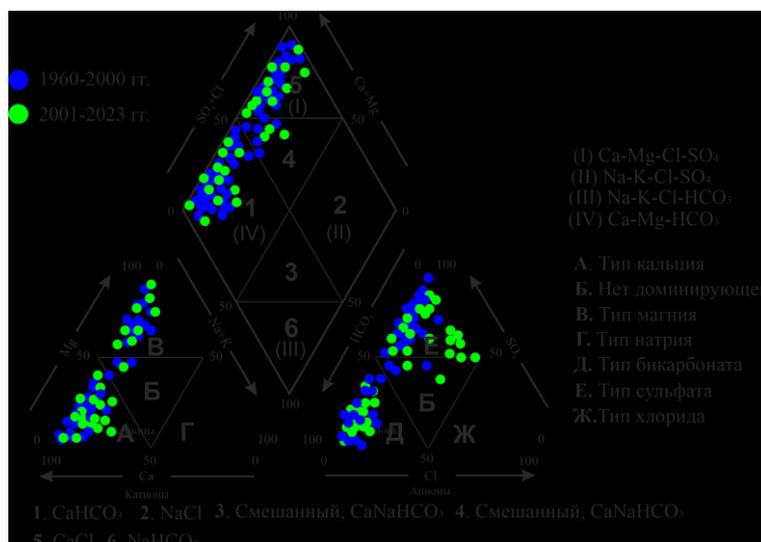


Рисунок 2 — Гидрохимический состав нижеказанского комплекса на территории Казани за 1960–2020 гг.

Для анализа распределения содержаний «техногенных» нитрат- и хлорид-ионов в поверхностной и подземной гидросферах нами проведена интерполяция значений этих компонентов методом ординарного кригинга с корректировкой сглаживающего эффекта. Проанализированы данные гидрохимического анализа в скважинах, эксплуатирующих водоносные горизонты плиоценового и нижеказанского комплексов, а также гидрохимические данные по поверхностным водоемам на территории Казани с созданием гидрохимических моделей (рис. 3). Анализ последних показал наличие в поверхностных водах двух зон с содержанием хлорид-иона, в 4–8 раз превышающим фоновые значения. Самая большая площадь с хлоридным следом приурочена к исторической части Казани; вторая зона расположена в зоне старой жилой застройки и промышленных предприятий Авиастроительного района. Превышения нитрат-иона в поверхностных водах отмечаются в центральной части города возле оз. Нижний Кабан и прот. Булак.

Содержания хлора и нитратов в нижеказанском водоносном комплексе прямо зависят от мощности кайнозойских отложений, а также от состава перекрывающих пород (рис. 1). Проникновение техногенного загрязнения с земной поверхности в воды нижеказанского комплекса отмечается на участках, где кайнозойские осадки представлены проницаемыми аллювиально-озёрными песками и супесями в самой нижней части Казани между системой оз. Кабан и Куйбышевским водохранилищем (рис. 3).

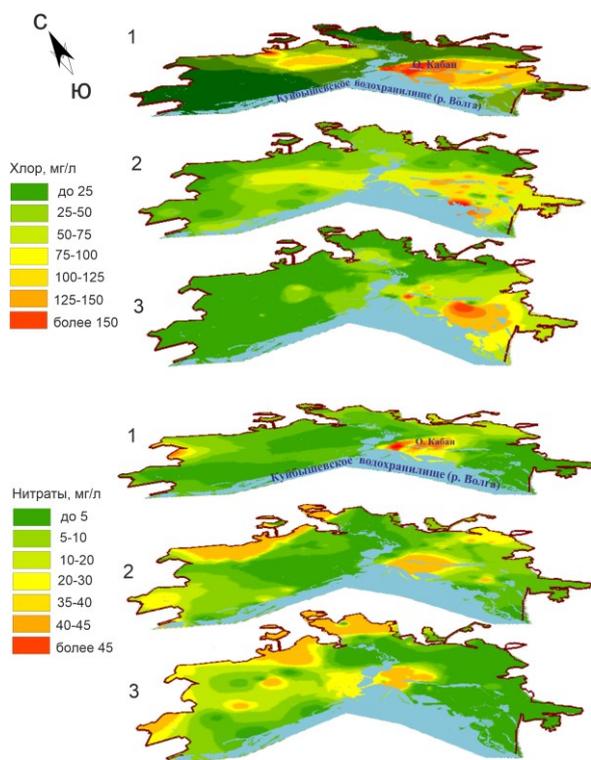


Рисунок 3 — Модели распределения компонентов (хлора и нитратов) в гидросфере на территории г. Казани за 2020–2023 гг.: 1 — в поверхностных водах; 2 — в плиоценовом комплексе; 3 — в нижнеказанском комплексе

Именно здесь расположены «гидрогеологические окна», в которых с глубиной содержания Cl^- и NO_3^- в подземных водах уменьшаются. Особенно чёткое проявление подобных сквозных структур фиксируется по поведению хлор-иона, а нитраты, по-видимому, обладают неравномерным и точечным распределением, связанным с локальными объектами загрязнений: околотвольные пространства гидрогеологических скважин, свалки и др.

По итогам проведённого ретроспективного анализа гидрохимических данных для территории г. Казани за последние 60 лет, можно сделать следующие выводы:

1. Пространственное распределение содержания Cl^- и NO_3^- на территории г. Казани в гидросфере неоднородно. Для центральной и юго-восточной частей города характерно наличие «гидрогеологических окон», через которые в подземные воды нижнеказанского комплекса проникает техногенное загрязнение.

2. На основе ГИС-технологий необходимо создание постоянно действующих моделей водоносных комплексов подземных вод г. Казани для проведения цифрового мониторинга и выработки с учётом количественной гидрогеологической информации приоритетных направлений городской экологической политики.

Список литературы

1. Базарский О. В., Косинова И. И. О единой метрике комплексного эколого-геологического пространства // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Геология. 2005. № 2. С. 168–172.
2. Злобина В. Л., Медовар Ю. А., Юшманов И. О. Трансформация состава и свойств подземных вод при изменении окружающей среды. Москва: Мир науки, 2017. 191 с.
3. Королев В. А., Свириденко Т. С., Соколов В. Н. [и др.]. Методика изучения воздействия противогололедных реагентов на эколого-геологические условия городских территорий // Сергеевские чтения. Москва: ГЕОС, 2010. Вып. 7. С. 352–356.
4. Косинова И. И., Сигора А. А., Ничкова Л. А. [и др.]. Мониторинг загрязнённости нитрат-ионами подземных вод территории городов Севастополь и Бахчисарай // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Геология. 2016. № 3. С. 123–127.
5. Никифорова Е. М., Кошелева Н. Е., Хайбрахманов Т. С. Экологические последствия применения противогололедных реагентов для почв Восточного округа Москвы // Вестник Московского университета. Сер. 5: География. 2016. № 3. С. 40–49.

6. Петрова Д. И. Техногенная трансформация подземной гидросферы г. Казань. Водоносный нижеказанский комплекс // Известия Уральского государственного горного университета. 2021. Вып. 2 (62). С. 114–122
7. Сунгатуллин Р. Х. Влияние техногенеза на формирование современных кор выветривания и водоносных ареалов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2010. № 6. С. 494–502.
8. Сунгатуллин Р. Х., Хазиев М. И. Системный подход при изучении гидросферы на промышленно-урбанизированных территориях // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2009. № 1. С. 19–31.
9. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Москва, 2001. 62 с.
10. Piper A. M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses // Eos, Transactions American Geophysical Union. 1994. Vol. 25 (6). P. 914–928.

References

1. Bazarsky O. V., Kosinova I. I. On a single metric of complex ecological and geological space. *Proceeding of Voronezh State University. Series "Geology"*. 2005;2:168–172 (In Russ.).
2. Zlobina V. L., Medovar Yu. A., Yushmanov I. O. *Transformation of the composition and properties of underground waters when the environment changes*. Moscow: Mir nauki; 2017:191 (In Russ.).
3. Korolev V. A., Sviridenko T. S., Sokolov V. N. [et al.]. Methods for studying the impact of anti-icing reagents on the ecological and geological conditions of urban areas. *Sergeev Readings*. Moscow: GEOS; 2010;7:352–356 (In Russ.).
4. Kosinova I. I., Sigora A. A., Nichkova L. A. Monitoring of groundwater pollution by nitrate ions in the territory of the cities of Sevastopol and Bakhchisaray. *Proceeding of Voronezh State University. Series "Geology"*. 2016;3:123–127 (In Russ.).
5. Nikiforova E. M., Kosheleva N. E., Khaibrakhmanov T. S. Ecological consequences of the use of anti-icing reagents for soils of the Eastern District of Moscow. *Bulletin of the Moscow University. Series 5 "Geography"*. 2016;3:40–49 (In Russ.).
6. Petrova D. I. Technogenic transformation of the underground hydrosphere of Kazan. Aquiferous lower Kazanian complex. *News of the Ural State Mining University*. 2021;2(62):114–122 (In Russ.).
7. Sungatullin R. Kh. Influence of technogenesis on the formation of modern weathering crusts and water-bearing areas. *Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology*. 2010;6:494–502 (In Russ.).
8. Sungatullin R. Kh., Khazev M. I. A systematic approach to the study of the hydrosphere in industrial-urbanized territories. *Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology*. 2009;1:19–31 (In Russ.).
9. СанПиН 2.1.4.1074-01. *Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control*. Moscow: 2001:62.
10. Piper A. M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *Eos, Transactions American Geophysical Union*. 1994;25(6):914–928.

Информация об авторах

Петрова Д. И. — младший научный сотрудник;
Бреслер Л. Х. — кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

Petrova D. I. – Junior Scientist;
Bresler L. K. – Candidate of Sciences (Technical), 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 30.06.2023; одобрена после рецензирования 23.07.2023; принята к публикации 22.08.2023.

The article was submitted 30.06.2023; approved after reviewing 23.07.2023; accepted for publication 22.08.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 108–112.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):108–112 (In Russ.).

Научная статья

УДК 911.3

https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_108

ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЖИЛОГО МИКРОРАЙОНА ЯМАЛЬСКИЙ-2 В ГОРОДЕ ТЮМЕНИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СЕЗОННОГО МОНИТОРИНГА[©]

Петров Юрий Владимирович¹, Умаров Шерзод Шералиевич², Полушина Елена Анатольевна³✉

^{1,2,3} Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

¹ petrov19811201@gmail.com

² stud0000212661@study.utmn.ru

³ e.a.polushina@utmn.ru✉

Аннотация. Представлены результаты сезонных замеров показателей уровня шумового загрязнения окружающей природной среды. На основе использования общедоступного программного приложения для смартфона отражена возможность локального частного мониторинга. Полученные результаты отразили шумовое загрязнение территории, наиболее выраженное в структуре плотной застройки микрорайона Ямальский-2 г. Тюмени.

Ключевые слова: шумовое загрязнение, фоновые показатели, жилой микрорайон, Ямальский-2, Тюмень

Для цитирования: Петров Ю. В., Умаров Ш. Ш., Полушина Е. А. Шумовое загрязнение окружающей среды жилого микрорайона «Ямальский-2» в городе Тюмени по результатам сезонного мониторинга // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 108–112. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_108.

NOISE POLLUTION OF THE ENVIRONMENT OF THE RESIDENTIAL NEIGHBORHOOD YAMALSKY-2 IN THE CITY OF TYUMEN ACCORDING TO THE RESULTS OF SEASONAL MONITORING

Yuri V. Petrov¹, Sherzod Sh. Umarov², Elena A. Polushina³✉

^{1,2,3} Tyumen State University, Tyumen, Russia

¹ petrov19811201@gmail.com

² stud0000212661@study.utmn.ru

³ e.a.polushina@utmn.ru✉

Abstract. The article presents the results of seasonal measurements of the level of noise pollution of the environment. Based on the use of a public software application for a smartphone, the possibility of local private monitoring is reflected. The obtained results reflected the noise pollution of the territory, most pronounced in the structure of dense development of the Yamalsky-2 microdistrict of Tyumen.

Keywords: noise pollution, background indicators, residential neighborhood, Yamalsky-2, Tyumen

For citation: Petrov Yu. V., Umarov Sh. Sh., Polushina E. A. Noise pollution of the environment of the residential neighborhood "Yamalsky-2" in the city of Tyumen according to the results of seasonal monitoring. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;3(90):108–112. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_108 (In Russ.).

Введение

Город Тюмень — центр одной из крупнейших российских агломераций в азиатской части страны, для которой был зафиксирован стремительный рост урбанизации в современной истории [1; 2]. Эколого-геохимический мониторинг показывает, что, несмотря на относительно невысокую концентрацию промышленности, территория города отличается высокой плотностью техногенного давления на экосистемы [3; 4].

Один из основных источников техногенного загрязнения почвы и воздуха города — автотранспорт [5–7]. Следствием физического негативного воздействия на окружающую природную среду является шумовое загрязнение. Его последствия могут варьироваться от раздражения

и нарушений сна до потери слуха и других проблем со здоровьем. В этом контексте важно понимать причины шумового загрязнения [8–14].

Исследование воздействия на определённую городскую локацию позволяет определить характеристики шумового воздействия в контексте сложившегося окружения. В качестве объекта исследования нами определён микрорайон Ямальский-2, являющийся современной многоэтажной застройкой на территории бывших сельскохозяйственных угодий.

Методика исследования

Методы исследования — инструментальные замеры, круглогодичный мониторинг, сравнительный, картографический, ретроспективный. Информационной базой исследования послужили нормативная правовая база в области регулирования шумового воздействия на окружающую среду, отчётность государственных органов исполнительной власти и органов местного самоуправления, литературные источники аналогичных исследований [3; 4; 11–13; 1; 14]. Для придания мобильности проводимых исследований в качестве инструмента замера шумового воздействия использовался смартфон и открытое программное приложение, что позволяет существенно расширить источники общественного мониторинга и их сопоставимость для получения целостной картины. В качестве отрицательных моментов такого подхода является применение приборов, которые изначально не предназначены для данной процедуры. Для нивелирования данной ситуации было выполнено контрольное измерение, сопоставленное с характеристиками поверенного прибора: расхождения зафиксированы в пределах погрешности измерения.

Таким образом, нами была применена следующая технологическая схема для проведения исследования:

- смартфон “Samsung A20” (2019 г.) на основе операционной системы “Android 11”;
- свободно распространяемое программное приложение «Шумомер», результаты которой позиционируются в децибелах;
- время исследования — октябрь 2022 – апрель 2023 г.

Точки измерений представлены на рисунке 1. В микрорайоне нами образовано 14 точек наблюдения и 4 точки — на территории культурных ландшафтов — прилегающих зелёных городских пространств. Каждая точка определялась на расстоянии от 400 до 600 м. При измерении уровня шума длительность процедуры составляла 20–22 с. Измерение проводилось вдоль дороги, которая является определяющим источником шума для выбранной локации. Все измерения выполнены согласно требованиям СанПиН 1.2.3685-21.

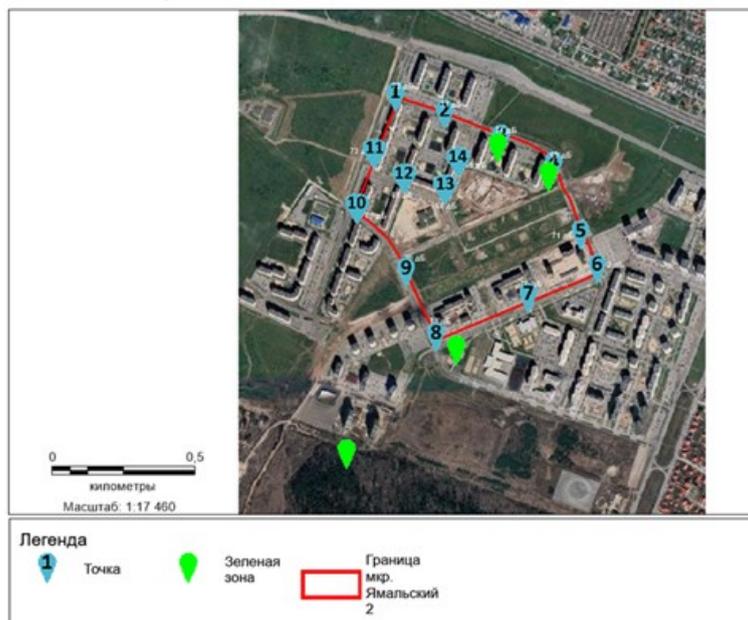


Рисунок 1 — Точки мониторинга шумового загрязнения в микрорайоне Ямальский-2 г. Тюмени

Результаты исследований

Объектами фонового наблюдения определены следующие близлежащие городские пространства: Аллея ветеранов Ямала, сквер «Тюменская слобода», сквер «Вьюжный» и парковая зона рядом с п. Комарово. Среднее значение в них составило 63 дБ, что находится на пороге

допустимости, соответственно, данный факт также подчёркивает критичность для городских объектов шумового воздействия.

Замеры проводились на протяжении всей недели, как в выходные, так и в будние дни. По результатам многомесячных наблюдений существенной разницы зафиксировано не было между данными сроками фиксации значений, что можно трактовать как сложившийся фон для данной локации.

Если вывести среднемесячные значения по шумовому загрязнению, то они отражают типичную для спальных районов динамику поэтапной смены значений (табл. 1; рис. 2). Снижение в осенне-зимнем периоде, особенно в отпускном январе, повышение — в весенние месяцы. Это вызвано тем, что зимой происходит спад активности использования автотранспорта и проведения строительных работ. При этом на всём протяжении рассматриваемого периода среднее значение всегда превосходило результаты замеров в зелёных прилегающих зонах (63 дБ), что противоречит утверждениям девелоперов о функционировании жилого комплекса микрорайона в благоприятной окружающей природной среде.

Таблица 1 — Среднее значение шума по месяцам, дБ

Месяц	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Апрель
Шум, дБ	73,0114	71,7023	71,6428	71,0627	71,4697

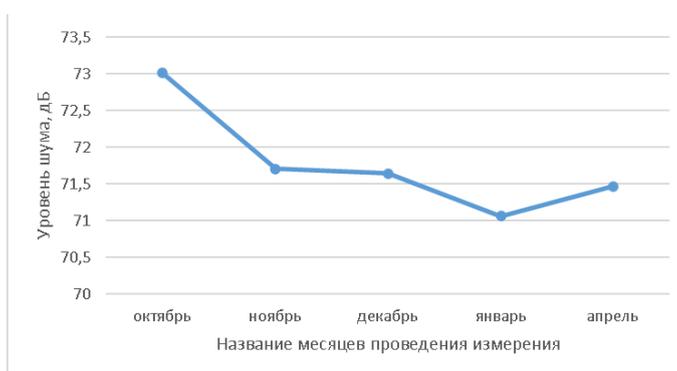


Рисунок 2 — Средние значения измерений шумового загрязнения в микрорайоне Ямальский-2 в отдельные месяцы наблюдений 2022–2023 гг.

В качестве документального подтверждения существенного превышения значений уровня шумового воздействия в микрорайоне приведём значения по замерам в трёх январских днях 2023 г. — время новогодних каникул (табл. 2). Даже в самые разгруженные для автогородской инфраструктуры дни превышение фонового значения было повсеместным.

Таблица 2 — Результаты измерения шума в микрорайоне Ямальский-2 в первой половине января 2023 г.

День/ точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
13	54	61	53	55	55	60	61	58	49	58	54	53	51	54	min
	71	72	71	73	72	71	72	72	72	73	72	71	72	73	ср
	89	90	90	87	85	80	85	90	86	83	90	81	88	84	max
14	55	49	53	59	52	49	57	52	55	55	57	54	53	52	min
	72	70	73	71	72	72	72	72	72	73	72	72	71	72	ср
	88	85	79	80	83	83	85	88	80	90	90	79	80	88	max
16	58	54	57	52	56	59	56	61	58	57	57	51	50	54	min
	73	73	71	72	71	72	72	72	72	71	72	72	72	72	ср
	87	89	87	85	85	87	90	90	90	90	89	82	85	87	max

Заключение

Микрорайон Ямальский-2 г. Тюмени располагается вдоль городской автотрассы — ул. Закалужской, что создаёт нагрузку на прилегающие селитебные зоны. Внутри микрорайона ул. Обдорская является наиболее оживлённой, чем другие улицы, а также шум, который исходит от автотранспорта, усиливается ветром, увеличивая его показатели от 2 до 6 дБ. Наибольшие показатели были нами зафиксированы в 1 и в 10 точках, перманентно — в 14 точке.

Главными источниками шума являются автотранспорт и строительные работы. Зелёные зоны не могут оказать смягчающее воздействие на шумовое загрязнение из-за низкого роста саженцев.

Список литературы

1. Преображенский Ю. В. Экономико-географическое и сетевое положение крупнейших российских городов в постсоветский период. URL: <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2020-1-84-95>.
2. Безвербный В. А., Микрюков Н. Ю. Особенности межрегиональной миграции в Российской Федерации в 2017–2019 гг. URL: <https://doi.org/10.26653/2076-4685-2021-6-05>.
3. Малюгин Д. В., Петров Ю. В. Загрязнение тяжёлыми металлами Восточного административного округа города Тюмени // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2022. Т. 8, № 3. С. 289–299.
4. Малюгин Д. В., Петров Ю. В. Загрязнение тяжёлыми металлами грунтовых вод, снега и почв Восточного административного округа г. Тюмени. URL: <https://doi.org/10.25744/genb.2022.20.43.005>.
5. Бахарева Д. Ф., Харьковская Л. В. Источники загрязнения окружающей среды г. Тюмени // Достижения вузовской науки 2018. Пенза: Наука и Просвещение, 2018. Ч. 1. С. 141–145.
6. Добрякова В. А., Колесов А. А. Исследование шумового загрязнения г. Тюмени с применением ГИС // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2016. Т. 22, № 2. С. 268–273.
7. Литвинова Н. А., Молотилова С. А. Влияние выбросов автотранспорта на заболеваемость и риск здоровью населения г. Тюмени. URL: <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-8-11-16>.
8. Клепиков О. В., Степкин Ю. И., Хорпякова Т. В. Автотранспортный шум в городе и связанный с ним риск для здоровья населения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2018. № 3. С. 50–55.
9. Лисовенко А. В., Захарова О. Л., Ямских Г. Ю. Акустическая характеристика города Абакана. URL: <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2019-29-4-471-478>.
10. Лыков И. Н., Николаева Т. С., Рахимов К. В. Экологические и социальные аспекты шумового загрязнения окружающей среды. URL: <https://doi.org/10.24411/1816-1863-2019-12080>.
11. Марголина И. Л., Климанова О. А. Шумовое воздействие от автотранспорта: комплексная оценка факторов в городской среде. URL: <https://doi.org/10.18384/2712-7621-2022-1-40-54>.
12. Мелентьев А. В., Серебряков П. В., Жеглова А. В. Влияние шума и вибрации на нервную регуляцию сердца. URL: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-9-19-23>.
13. Новикова С. А. Оценка шумового загрязнения города Иркутска автомобильным транспортом. URL: <https://doi.org/10.31857/S2587-556620195111-120>.
14. Сокольская Е. В., Курдюкова Е. А., Ивашкина И. В. Модельная оценка воздействия транспорта на формирование акустического режима жилой застройки и зон отдыха города Тирасполя. URL: <https://doi.org/10.24412/1816-1863-2021-1-33-41>.

References

1. Preobrazhensky Yu. V. *Economic-geographical and network position of the largest Russian cities in the post-Soviet period*. Available at: <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2020-1-84-95> (In Russ.)
2. Bezverbny V. A., Mikryukov N. Yu. *Features of interregional migration in the Russian Federation in 2017–2019*. Available at: <https://doi.org/10.26653/2076-4685-2021-6-05> (In Russ.)
3. Malyugin D. V., Petrov Yu. V. *Pollution by heavy metals of the Eastern Administrative District of the city of Tyumen. Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*. 2022;8(3):289–299 (In Russ.)
4. Malyugin D. V., Petrov Yu. V. *Contamination of groundwater, snow and soils of the Eastern Administrative District of Tyumen with heavy metals*. Available at: <https://doi.org/10.25744/genb.2022.20.43.005> (In Russ.)
5. Bakhareva D. F., Kharkiv L. V. *Sources of environmental pollution in Tyumen. Achievements of university science 2018*. Penza: Science and Education; 2018;1:141–145 (In Russ.)
6. Dobryakova V. A., Kolesov A. A. *Investigation of noise pollution in Tyumen using GIS. InterCarto. InterGIS*. 2016;22(2):268–273 (In Russ.)
7. Litvinova N. A., Molotilova S. A. *Influence of vehicle emissions on morbidity and health risk of the population of Tyumen*. Available at: <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-8-11-16> (In Russ.)
8. Klepikov O. V., Stepkin Yu. I., Horpyakova T. V. *Motor vehicle noise in the city and the associated risk to public health. Bulletin of the Voronezh State University. Series "Geography. Geoecology"*. 2018;3:50–55 (In Russ.)
9. Lisovenko A. V., Zakharova O. L., Yamskikh G. Yu. *Acoustic characteristics of the city of Abakan*. Available at: <https://doi.org/10.35634/2412-9518-20> (In Russ.)
10. Lykov I. N., Nikolaeva T. S., Rakhimov K. V. *Ecological and social aspects of noise pollution of the environment*. Available at: <https://doi.org/10.24411/1816-1863-2019-12080> (In Russ.)

11. Margolina I. L., Klimanova O. A. Noise impact from motor transport: a comprehensive assessment of factors in the urban environment. Available at: <https://doi.org/10.18384/2712-7621-2022-1-40-54> (In Russ.).
12. Melentyev A. V., Serebryakov P. V., Zheglova A. V. The effect of noise and vibration on the nervous regulation of the heart. Available at: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-9-19-23> (In Russ.).
13. Novikova S. A. *Assessment of noise pollution of the city of Irkutsk by road transport*. Available at: <https://doi.org/10.31857/S2587-556620195111-120> (In Russ.).
14. Sokolskaya E. V., Kurdyukova E. A., Ivashkina I. V. *Model assessment of the impact of transport on the formation of the acoustic regime of residential buildings and recreation areas of the city of Tiraspol*. Available at: <https://doi.org/10.24412/1816-1863-2021-1-33-41> (In Russ.).

Информация об авторах

Петров Ю. В. — кандидат географических наук, доцент;
Умаров Ш. Ш. — бакалавр;
Полушина Е. А. — старший преподаватель.

Information about the authors

Petrov Yu. V. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Umarov Sh. Sh. — bachelor;
Polushina E. A. — Senior Lecturer.

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

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

Статья поступила в редакцию 07.06.2023; одобрена после рецензирования 12.07.2023; принята к публикации 12.07.2023.

The article was submitted 07.06.2023; approved after reviewing 12.07.2023; accepted for publication 12.07.2023.

ГЕОЭКОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 113–121.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):113–121 (In Russ.).

Научная статья
УДК 339.97: 502.7
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_113

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ НА ЮЖНОМ СКЛОНЕ ГЛАВНОГО КАВКАЗСКОГО ХРЕБТА®

Донцова Ольга Леонидовна^{1✉}, Панина Ольга Владимировна², Чипкова Дарья Сергеевна³
^{1,2} Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия
³ ИП Прудников Н. В., Краснодар, Россия
¹ doncovaol@mail.ru
² panina_olga@inbox.ru
³ darya.shtefan00@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены инженерно-геологические условия участка автомобильной дороги у подножия южного склона Главного Кавказского хребта в Лазаревском районе Краснодарского края, проведена оценка оползневой опасности и риска на основании экспертного анализа всей совокупности факторов, определяющих вероятность наступления оползневой опасности и его возможные последствия. Исходя из геологических особенностей района и участка распространения оползня, разработана система мониторинга, где определён состав и периодичность наблюдений.

Ключевые слова: южный склон Главного Кавказского хребта, автодороги, горные районы, р. Псахе, оползневое тело, инженерно-геологические условия, оползневая опасность, оценка риска, геоэкологический мониторинг

Для цитирования: Донцова О. Л., Панина О. В., Чипкова Д. С. Геоэкологическая оценка оползневой опасности автомобильной дороги в районе Южного склона Главного Кавказского хребта // *Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 3 (90). С. 113–121. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_113.

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE LANDSLIDE HAZARD OF THE ROAD ON THE SOUTHERN SLOPE OF THE MAIN CAUCASIAN RIDGE

Olga L. Dontsova^{1✉}, Olga V. Panina², Daria S. Chipkova³
^{1,2} Kuban State University, Krasnodar, Russia
³ IP Prudnikov N. V., Krasnodar, Russia
¹ doncovaol@mail.ru
² panina_olga@inbox.ru
³ darya.shtefan00@mail.ru

Abstract. The engineering and geological conditions of the highway section at the foot of the southern slope of the Main Caucasian Ridge in the Lazarevsky district of the Krasnodar Territory are considered, an assessment of landslide danger and risk based on expert analysis of the totality of factors determining the likelihood of a landslide event and its possible consequences is carried out. Based on the geological features of the area and the landslide spreading area, a monitoring system has been developed, where the composition and frequency of observations are determined.

Keywords: southern slope of the Main Caucasian Range, roads, mountainous areas, Psakhe River, landslide body engineering-geological conditions, landslide hazard, risk assessment, geoecological monitoring

For citation: Dontsova O.L., Panina O.V., Chipkova D.S. Geoecological assessment of the landslide hazard of a highway in the area of the southern slope of the Main Caucasian Range. *Geology, Geography and Global Energy.* 2023: 3 (90); 113–121. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_113 (In Russ.).

Введение

В плане сходов оползней Краснодарский край является регионом, где эти опасные, широко развитые, геологические процессы стали причиной существенных экономических и социальных потерь. При разработке проектных решений конструкций автомобильных дорог и мероприятий

инженерной защиты на оползнеопасных участках необходимо проводить детальные инженерно-геологические изыскания, а также требуется классифицировать объекты по степени оползневой опасности и риска. В настоящее время существующие инструкции и другие нормативные документы не содержат единой методики по оценке и управлению оползневым риском, а рекомендации не имеют теоретического обоснования.

Решить эту проблему предполагается на примере рассмотрения инженерно-геологических условий участка автомобильной дороги у подножия южного склона Главного Кавказского хребта в Лазаревском районе, северная окраина п. Сергей-Поле. Исследуемый участок автодороги Мамайский Перевал – с. Разбитый Котёл расположен на правом склоне р. Псахе (рис. 1).

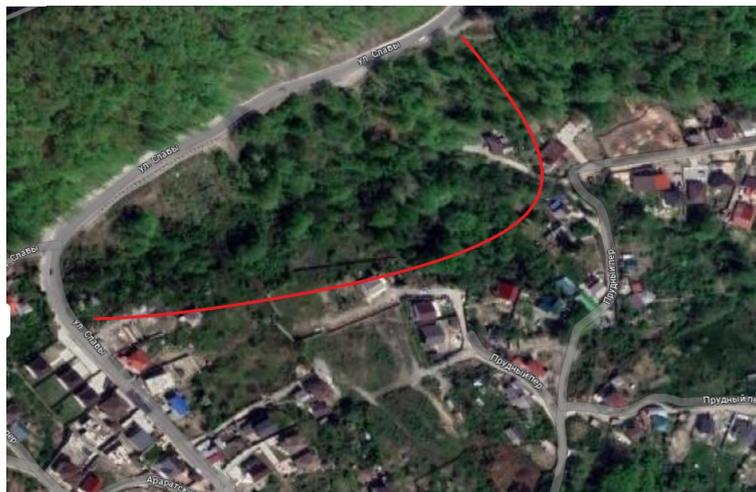


Рисунок 1 — Расположение исследуемого участка автомобильной дороги

В геоморфологическом отношении территория района представляет собой резко расчленённую среднегорную местность с колебанием высот >100 м. По морфометрической категории горно-хребтовый возвышенный с абсолютным отметками >200 м. По относительной высоте расчленения 250–500 м рельефа средний. Главную аккумулятивную и эрозионную деятельность выполняет р. Псахе со всеми своими притоками. К аккумулятивным формам рельефа относятся речные долины. Рельеф территории изменён техногенными преобразованиями. В настоящее время на территории склона расположена сеть автомобильных и проселочных дорог. По территории склона проложена сеть линий электропередач между населенными пунктами. На участке исследования располагается действующая автомобильная дорога. Абсолютные отметки поверхности дороги к прилегающему рельефу на отдельных участках колеблется от 0,5 до 11 м.

В геологическом строении территории участка склона выделены следующие стратиграфо-генетические комплексы четвертичных и дочетвертичных отложений (рис. 2):

- современные четвертичные отложения представлены оползевыми грунтами (dpQ_{IV});
- дочетвертичные отложения представлены мамайской свитой палеогена (P_{2mm}).

Современные четвертичные отложения различного генезиса имеют площадное распространение и занимают до 95 % территории склона. Распределение на территории склона грунтов различного генезиса крайне неравномерное. По литологическому составу грунты с преобладанием глинистого и обломочного материала полускальных и скальных пород.

Оползневые отложения (dpQ_{IV}) на территории склона представлены одним участком каплевидной формы в центральной территории склона с шириной головной части до 45 м и протяжённостью до 85 м. Общая площадь оползневой участка 560 м^2 , в том числе активного оползня, около 350 м^2 .

Оползневые отложения представлены от тугопластичных до текучепластичных глин с включением мелкообломочного и крупнообломочного материала скальных и полускальных пород, в основном мелкозернистых песчаников и аргиллитов (до 25 %), стволов деревьев и кустарника и обломков асфальтового покрытия. Мощность отложений крайне невыдержана по простиранию. Максимальная мощность оползневых отложений у стенки отрыва около 3 м к подошве не превышает 1,5 м.

Дочетвертичные отложения представлены мамайской свитой палеогена, занимаемой значительную часть территории склона под четвертичными отложениями. На дневную поверхность выходят мелкими локальными участками в промоинах обочины автодороги.

Мамайская свита (P₂mt) представлена серыми, тёмно-серыми, зеленовато-серыми аргиллитами различной степени выветрелости и трещиноватости, преимущественно низкой и пониженной прочности, с тонкими редкими прослойками трещиноватых светло-серых мелкозернистых крепких песчаников на кварцевом цементе. Вскрытая мощность свиты 11,0 м.

На основании неструктурного районирования Северо-Западного Кавказа по С. А. Несмеянову, район изучения входит в пределы Западного сегмента Кавказского мегасвода, который представлен собой сложной системой разнообразных разновозрастных продольных и поперечных структур и разрывных нарушений, сформировавшихся на мегасводе Большого Кавказа [1]. Район исследования располагается в зоне Воронцовского надвига на границе двух складчатых зон в пределах Пластунской синеклизы. Эта синеклиза осложнена Мамайской системой блоков протяжённостью более 10 км и шириной до 5 км.

Исследуемый район территориально входит в пределы артезианского бассейна Чевжипсинской складчатой зоны. Водоносный горизонт вскрыт скважинами до глубины 25 м, приурочен к отложениям мамайской свиты. Естественный режим подземных вод нарушен в связи строительством на склоне промышленных и гражданских объектов и вырубкой леса. Водоносный горизонт мамайской свиты, распространён повсеместно по склону и приурочен к прослоям дресвяно-щепенистым и трещиноватым аргиллитов, песчаников в глинистой толще. Водоупорными горизонтами чаще служат глинистые прослои и плотные прослои аргиллитов. Фильтрационные свойства аргиллитов зависят от мощности трещиноватой зоны и степени раскрытия трещин и изменяются в пределах 0,5–1,5 м/сут. Мощность водоносного горизонта превышает 20 м. Водообильность пород водоносного горизонта сравнительно невысокая, дебит скважин не превышает 1 л/с.

Питание подземных вод происходит в основном за счёт инфильтрации атмосферных осадков и перетекания подземных вод из нижележащих водоносных горизонтов по трещиноватым зонам. Разгрузка подземных вод мамайской свиты происходит путём естественного оттока вниз по склону. Амплитуда колебания уровня подземных вод горизонта в значительной степени зависит от количества выпавших осадков.

Химический состав подземной воды сульфатно-гидрокарбонатная-магниево-кальциевая. Подземные воды со слабощелочной реакции (pH 7,4). По минерализации воды весьма пресные $M = 0,13$ г/дм³.

На исследуемой территории, согласно ГОСТ 20522-2012 и в соответствии с классификацией грунтов по ГОСТ 25100-2011, выделены пять инженерно-геологических элемента и один слой [2–3].

Слой-I (eQIVc): почва тёмно-серая, глинистая, твёрдая, с корнями растений, местами с включением дресвы аргиллита и песчаника до 5 %; отложения имеют малую мощность (до 0,2 м) и слагают кровлю грунтовой толщи; в качестве оснований сооружений не используются.

ИГЭ-1 (tQIV): насыпной грунт — дресвяный грунт с глинистым полутвёрдым заполнителем (до 40 %), со щебнем до 5 см (до 28 %), полускальных пород аргиллита и песчаника низкой прочности; грунт малой степени водонасыщения; распространён в интервале глубин 0,6–0,7 м.

ИГЭ-2 (dpQIV): глина буровато-серая, легкая пылеватая, твёрдая, со щебнем (до 5–20 %); щебень и дресва из выветрелого аргиллита и песчаника низкой и очень низкой прочности; сверху перекрываются почвами и насыпными грунтами; мощность изменяется от 2,8 до 5,7 м.

ИГЭ-3 (eP2mm): глина тёмно-серая, лёгкая пылеватая, твёрдая; глины получили широкое распространение на рассматриваемой территории; сверху перекрываются глинами ИГЭ-2, почвами и насыпными грунтами; мощность глин изменяется от 0,4 до 7,3 м.

ИГЭ-4 (P2mm): аргиллит тёмно-серый, трещиноватый, очень низкой прочности, плотный, размягчаемый; с прослоями (до 2–20 см) песчаника жёлто-серого плотного, мелкозернистого прочного, по границе с аргиллитом ожелезнён. Мощность аргиллитов до 23,0 м.

ИГЭ-5 (P2mm): песчаник серый, прочный, очень плотный, неразмягчаемый, мелкокристаллический, ожелезнённый; мощность песчаников до 2,2 м.

На изучаемой территории отмечаются следующие геологические процессы и явления: деятельность поверхностных вод и временных водотоков, действие гравитационных сил.

Эрозионная деятельность поверхностных вод на территории участка с автомобильной дорогой связана, прежде всего, с эрозией постоянных и временных водотоков. Наибольшее проявление эрозионных процессов ожидается на участке активного оползня и на обочинах дороги. Скорость развития овражно-балочной эрозии составляет 1–2 м/год и относится к умеренно опасным процессам, согласно СП 115.13330.2016 [4].

Подтопление и затопление отмечается на территории, непосредственно примыкающей к р. Псахе в период половодья и выпадения обильных атмосферных осадков на участках склона, где отмечается разгрузка подземных вод в виде родников.

Действие гравитационных сил на территории склона связаны с проявлением и активизацией оползневых явлений. Оползневой участок представлен каплевидной формой на правом слабобологом склоне р. Мамайки, с чётко выраженными в рельефе границами и находящимся до недавнего времени на стадии относительной стабилизации. Общая протяжённость оползневого участка составляет более 160 м с общей площадью 5 175 м². Нижняя граница оползневого участка представлена в виде извилистой линии. В рельефе хорошо прослеживаются границы мелких оползневых ступеней в верховом склоне автодороги, в верхней части оползневого участка и активного оползня вниз от автодороги.

Систематическое замачивание атмосферными осадками толщи четвертичных и дочетвертичных выветрелых дочетвертичных отложений. Плоскостью скольжения являются прослой глины, выветрелых алевролитов и песчаников. Максимальная мощность оползневых отложений до 5 м в нижней части оползневого участка. Верхняя часть оползневого участка над дорогой находится на стадии относительной стабилизации развития с общей площадью около 3 825 м², согласно СП 115.13330.2016 относится к умеренно опасным [4]. Нижняя часть оползневого участка площадью около 1 350 м² относится к весьма опасным.

Оценка оползневой опасности и рисков выполняется последовательно для отдельных однородных по природным и техногенным условиям участков автомобильных дорог на основе данных, полученных на этапе выявления факторов оползневой опасности.

Качественный и полуколичественный методы выполняется в согласии с «Отраслевым дорожным методическим документом», в котором его рекомендуется применять для таких автомобильных дорог, как и исследуемое дорожное полотно — III категории. Для расчёта количественной оценки используется методика Мора – Варсона, которая служит единой методикой для оценки оползневой опасности и риска.

Качественная оценка оползневой опасности и риска

Качественная оценка оползневой опасности и риска производится на основании экспертного анализа всей совокупности факторов, определяющих вероятность наступления оползневой события и его возможные последствия. Получаемая в результате оценки информация должна обеспечивать основу для разделения данных факторов на качественные категории «высокий», «средний», «низкий».



Рисунок 2 — Стенка срыва грунта на исследуемом участке дороги

На оползневом участке отмечается развитие сети временных мелких водотоков и родников. Оползень относится к типу оползней скольжения подтипу консеквентных с захватом сильно выветрелых дочетвертичных отложений. Плоскостью скольжения являются прослой глины, выветрелых алевролитов и песчаников. Максимальная мощность оползневых отложений до 5 м в нижней части оползневого участка. Верхняя часть оползневого участка над дорогой находится на стадии относительной стабилизации развития с общей площадью около 3 825 м², согласно СП 115.13330.2016 относится к умеренно опасным [4]. Нижняя часть оползневого участка площадью около 1 350 м² относится к весьма опасным.

Оценка оползневой опасности и рисков выполняется последовательно для отдельных однородных по природным и техногенным условиям участков автомобильных дорог на основе данных, полученных на этапе выявления факторов оползневой опасности.

Качественный и полуколичественный методы выполняется в согласии с «Отраслевым дорожным методическим документом», в котором его рекомендуется применять для таких автомобильных дорог, как и исследуемое дорожное полотно — III категории. Для расчёта количественной оценки используется методика Мора – Варсона, которая служит единой методикой для оценки оползневой опасности и риска.

Качественная оценка оползневой опасности и риска

Качественная оценка оползневой опасности и риска производится на основании экспертного анализа всей совокупности факторов, определяющих вероятность наступления оползневой события и его возможные последствия. Получаемая в результате оценки информация должна обеспечивать основу для разделения данных факторов на качественные категории «высокий», «средний», «низкий».

Причины активизации и степень активности оползня на участке автомобильной дороги показаны в таблице 1 в форме отдельных факторов для детального рассмотрения. На основе данных, полученных в ходе анализа исходных материалов, проводится определение основных факторов оползневой опасности, которые устанавливают вероятность нарушения устойчивости земляного полотна дороги, а также величину ущерба от данного события.

Все факторы, определяющие устойчивость земляного полотна дороги для удобства, будут делиться на условия, от которых зависит величина коэффициента устойчивости в данный момент (тип I), и на процессы, изменяющие величину коэффициента устойчивости во времени (тип II) [5].

Таблица 1 — Факторы формирования и развития оползневых процессов

Наименование фактора	Тип	Описание
Геологическое строение	I	Оползневые отложения представлены преимущественно сильнотрещиноватыми выветрелыми аргиллитами, тугопластичными и мягкопластичными глинами. Оползневые склоны подобного состава наиболее подвержены образованию оползней, особенно при их сильном увлажнении выпадающими осадками
Рельеф	I	Территория представляет собой резко расчлененную среднегорную местность. Высота склона составляет 22 м, а его крутизна 45°. Это характерные показатели для скольжения оползневых массивов по склонам
Режим атмосферных осадков	II	Вследствие выпадения большого количества осадков, присущих исследуемому району, происходит увлажнение склона и систематическое замачивание толщи отложений на протяжении длительного периода времени
Режим грунтовых вод	II	Естественный режим подземных вод нарушен в связи со строительством на склоне промышленных и гражданских объектов и вырубкой леса. На некоторых участках склона отмечается разгрузка подземных вод в виде родников
Сейсмическое воздействие	II	Территория относится к восьмибалльной тектонической зоне и характеризуется довольно частыми крупными землетрясениями
Растительность	II	В ходе инженерной деятельности человека была уничтожена значительная площадь почвенного и растительного покрова, в дальнейшем это привело к увлажнению толщи грунтов. Их уничтожение сказалось на усилении поверхностного стока, что, в свою очередь, спровоцировало активизацию линейной эрозии. На склонах была произведена рубка лесных массивов с последующей распашкой склонов, что привело к изменению модуля поверхностного стока на оголенных склонах, в результате на территории развилась водная эрозия
Воздействие речного потока	II	Эрозионная деятельность поверхностных вод связана с эрозией постоянных и временных водотоков, с достаточно широким распространением родников. Наибольшее проявление эрозионных процессов ожидается на участке активного оползня и на обочинах дороги
Процессы выветривания	II	Связь склоновых процессов и выветривания выражается в скорости удаления со склонов разрушенного материала, в итоге обнажаются коренные породы, которые снова включаются в механизм выветривания
Антропогенное воздействие	II	Основной причиной начальной стадии овраго-образования является инженерная деятельность человека. На застраиваемых территориях значительно увеличилась утечка воды из водонесущих подземных и наземных коммуникаций. Строительство привело к активизации подтопления некоторых участков территории склона. При подрезке дороги активизировались оползни, и деятельность поверхностных вод с размывом и разрушением склонов с образованием промоин и оврагов. Возрастание техногенной нагрузки (застройка неблагоприятных участков) приводит к нарушению равновесия верхней зоны геологической среды. В результате возрастает количество и частота активизации оползней

Основной причиной активизации оползневого процесса на участке является совокупность всех факторов, влияющих на сползание склона. Степень активности оползневого явления обусловлена прежде всего горным рельефом местности, толщиной рыхлых отложений, наличием тектонических нарушений и другими сопутствующими этому процессу факторами. После строительства дороги понижения рельефа были засыпаны, часть грунтовых массивов срезана, а движение грузового и строительного транспорта вызвало уплотнение грунтов склона под дорогой. Это привело к увеличению сдвигающих сил за счёт фильтрационного давления.

Стабилизации деформаций на участке не ожидается, что определяется двумя факторами. Во-первых, в языковой части оползня отсутствуют какие-либо удерживающие инженерные сооружения или пологие участки, способные удержать сползающие массы, также не предусмотрен комплекс мероприятий по нейтрализации негативного влияния оползня на участке прокладки автодороги. Во-вторых, через уже образовавшиеся трещины происходит систематическое замачивание атмосферными осадками толщи отложений, вода проникает в грунт, уменьшая его прочностные свойства, что постепенно снижает удерживающие силы по поверхности скольжения. Ухудшение ситуации стоит ожидать в осенне-зимний период, когда на рассматриваемой территории испаряемость минимальна, а количество осадков выпадает большое.

Постепенно деформации будут накапливаться и в ближайшее время приведут к обрушению земляного полотна автомобильной дороги. Отсюда следует, что, согласно таблице 1, вероятность смещения на участке характеризуется как «несомненно». В ходе ожидаемого смещения будет полностью разрушена одна из полос движения. Это приведёт к нарушению сообщения между крупными населёнными пунктами и образованию заторов на участке. Протяжённость оползневого участка в 160 м вдоль дороги однозначно приведёт к весьма значительным материальным затратам на его восстановление. Таким образом, согласно ранжированию, оползневый риск на участке является «высоким» и требует разработки плана защитных мероприятий по его снижению. Выбор оптимального варианта осуществляется после проведения детального инженерно-геологического изучения.

Полуколичественная оценка оползневой опасности и риска

Полуколичественная оценка основана на методе анализа иерархий и заключается в переходе от количественных и качественных характеристик природных и технических условий к балльным оценкам. Она применяется в случае необходимости определения суммарного влияния на объект нескольких факторов, образующих оползень, параметры которых выражены в различных размерностях.

По результатам анализа исходных материалов и данных визуального обследования установлены основные факторы оползневой опасности.

В качестве факторов формирования и развития оползневой опасности определены: рельеф, деятельность поверхностных и подземных вод, растительный покров, экспозиция склона, интенсивность процессов выветривания, сейсмическое воздействие, нагрузка от автомобильной дороги, техническое состояние подпорных стен и вспомогательных сооружений инженерной защиты. Величину возможных последствий определяют значимость автомобильной дороги, мощность грунта, вовлекаемого в смещение, степень повреждения проезжей части, а также наличие прилегающих объектов.

На оцениваемой территории установлено статистическое распределение факторов оползневой опасности. Показателям определены соответствующие баллы, учитывающие степень воздействия и интенсивность их проявления (табл. 2 и 3).

Комбинированный способ используется в качестве метода интегрирования частных оценок. Вероятность смещения P представлена в виде произведения интегральной суммы показателей предрасположенности к смещению H на коэффициент активности оползневой опасности A :

$$P = A \cdot \sum_{i=1}^{H=12} K_i \cdot t_i, \quad (1)$$

где $P = 103,6$ (балла).

Категория возможного ущерба D определяется исходя из суммы частных коэффициентов B , которые учитывают экономические возможные последствия:

$$D = \sum_{i=1}^{B=5} K_i \cdot t_i, \quad (2)$$

где $D = 34$ (балла).

При определении граничных значений учтено, что не все рассматриваемые факторы могут быть представлены на одном и том же участке автомобильной дороги.

Результат оценки оползневой опасности участка автомобильной дороги Мамайский Перевал – с. Разбитый Котёл представлен в таблице 2.

Таблица 2 — Полуколичественная оценка оползневой опасности на участке дороги Мамайский Перевал — с. Разбитый Котёл

Влияющие факторы и категории	Краткое описание	Оценочный балл, t_i	Коэф-т значимости, K_i
H_1 Высота склона, м	22	3	4
H_2 Крутизна склона, град	45	2	5
H_3 Насыщение грунтовыми водами	Водонасыщенные грунты	3	4

Продолжение табл. 2

Влияющие факторы и категории		Краткое описание	Оценочный балл, t_i	Коэф-т значимости, K_i
H ₄	Размыв основания склона рекой	Размыв отсутствует	0	4
H ₅	Растительный покров	Слабо задернован	2	2
H ₆	Экспозиция склона	Южная	0	1
H ₇	Выветривание	Среднее	2	2
H ₈	Сейсмическая активность	8	2	3
H ₉	Трещины отрыва	Стенки срыва грунта	4	5
H ₁₀	Количество полос автомобильной дороги	2	2	3
H ₁₁	Состояние подпорных стен	Отсутствуют	0	5
H ₁₂	Состояние вспомогательных сооружений	Отсутствуют	0	2
A	Активность оползневой процесса	Активно развивающийся	—	1,4
P	Категория вероятности смещения	Категория P1 (103,6 баллов) — оползневое смещение несомненно		
B ₁	Значимость автомобильной дороги	Местная	1	3
B ₂	Повреждение полотна автомобильной дороги	50	3	4
B ₃	Протяжённость опасного участка вдоль дороги, м	160	5	3
B ₄	Глубина смещения, м	5	4	1
B ₅	Прилегающие объекты, находящиеся под угрозой оползня	Отсутствуют	0	5
D	Категория возможного ущерба	Категория D3 (34 балла) – средний ущерб от оползневой смещения		
R	Категория оползневой риска	Категория R2 (P1; D3) – высокий уровень оползневой риска		

Согласно полученным данным (P1; D3) категория относится к R2, что означает высокий уровень оползневой опасности.

Полученная в ходе оценки категория относится к недопустимому уровню риска и требует снижения до «низкого». Не будет лишним проведение дополнительных инженерно-геологических изысканий с целью получения необходимых данных для более достоверной оценки в рассматриваемых условиях.

Количественная оценка оползневой опасности и риска

Количественные методы оценки оползневой опасности и риска применяются при разработке проектных решений конструкций автомобильных дорог и мероприятий инженерной защиты на оползнеопасных участках. Их преимуществом является высокая точность получаемых результатов. Выбор метода определяется исходя из стадии изысканий и объёма исходных материалов.

Метод количественной оценки применяется, когда имеется полный объём необходимых данных для определения числовых значений основных оползнеобразующих факторов. На основе получаемых результатов осуществляется выбор оптимального варианта инженерной защиты, наиболее экономически целесообразного для рассматриваемого участка и учитывающего его инженерно-геологические особенности.

Методика Мора – Варсона служит единой методикой для оценки оползневой опасности. В основу расчёта оценки оползневой опасности (H) положена теория Мора. В расчётах принимается, что оползневая опасность прямо пропорциональна восприимчивости склона (Su) и величине пускового фактора (Tr) и выражается формулой 3 [6]:

$$H = Su \cdot Tr. \quad (3)$$

Восприимчивость склонов и пусковые факторы на региональном уровне определяют потенциальную оползневую опасность (табл. 3).

Таблица 3 — Факторы потенциальной оползневой опасности

Факторы влияния	Баллы	Коэффициент	Обозначение
Составляющие фактора восприимчивости склонов			
Вертикальная расчленённость рельефа	7	1	Dr
Мощность четвертичных отложений	2	0,7	cQ
Преобладающий тип дочетвертичных пород	5	0,5	G
Глубины залегания уровней грунтовых вод	3	0,5	U
Плотность лесного покрова	2	-0,3	Fc

Продолжение табл. 3

Факторы влияния	Баллы	Коэффициент	Обозначение
Составляющие пускового фактора			
Интенсивность атмосферных осадков	7	1	P
Сейсмический балл без учёта приращения сейсмической активности	7	0,2	S
Интенсивность абразии берегов	0	3	Fa

Для региональной оценки оползневой опасности восприимчивость склонов может быть выражена формулой 4:

$$Su = Dr + 0,7cQ + 0,5G + 0,5U - 0,3Fc. \quad (4)$$

Региональная оценка оползневой опасности восприимчивости склонов:

$$Su = 7 + 0,7 \cdot 2 + 0,5 \cdot 5 + 0,5 \cdot 3 - 0,3 \cdot 2 = 11,8.$$

Величина пускового фактора:

$$Tr = 7 + 0,2 \cdot 7 + 3 \cdot 0 = 8,4.$$

Расчет оценки оползневой опасности:

$$H = 11,8 \cdot 8,4 = 99,12.$$

По прогнозной шкале оползневая опасность относится к категории «высокая».

В результате расчёта по методике Мора – Варсона было выявлено, что исследуемый участок автомобильной дороги относится к 5 классу потенциальной опасности, т. е. «высокая».

По окончании проведения качественной, полуколичественной и количественной оценок оползневой опасности и оползневого риска установлено, что результаты одинаковы по всем трём методам. Все полученные показатели числятся в одной категории — «высокая».

Мониторинг оползневой опасности

Для наблюдения за развитием оползневых деформаций и основными факторами, оказывающими влияние на их активизацию на территории необходимо организовать мониторинг.

Исходя из геологических особенностей района и участка распространения оползня, определяется состав и периодичность наблюдений. Самым оптимальным вариантом является геотехнический мониторинг, который проводится на всех этапах оценки и управления с целью выявления и прогнозирования оползневых процессов, влияющих на безопасность участков автомобильных дорог. Так, для исследуемого участка подходит вид периодического инструментального наблюдения, осуществляемый с частотой наблюдения от 1 до 4 раз в месяц. Наблюдения обязательны к проведению с установленной периодичностью, а также после прохождения интенсивных ливней, землетрясений, снеготаяния и при дополнительных техногенных воздействиях.

В состав периодических инструментальных наблюдений входят маршрутные наблюдения и геотехнические измерения, но так как на исследуемом склоне значится высокий уровень риска, к маршрутным наблюдениям добавляются регулярные геодезические и геофизические измерения [7].

Геодезическую съёмку следует проводить один раз в месяц, в работы включить применение систем глобального спутникового позиционирования с целью определения величин и скорости деформаций сооружений, отслеживать смещения поверхностного слоя грунта, уточнять границы склоновых процессов.

Геофизическую съёмку проводить один раз в квартал. В задачи геофизических работ включить наблюдение за геологическими и гидрогеологическими условиями, а также оценку влияния изменений свойств и влажности грунтов на устойчивость склона.

Заключение

Результаты оценки оползневой опасности и риска являются основой для определения необходимости, состава, объёма и последовательности реализации защитных мероприятий и сооружений. На основании установленных опасных геологических процессов и явлений, а также прогноза их развития, на территории склона наиболее оптимальным решением будет проведение защитных работ, которые помогут снизить оползневую активность.

Для правильного осуществления функции аварийного оповещения необходим непрерывный мониторинг с минимальными интервалами времени измерения, обработки, накопления и передачи информации. Частоту наблюдений или состава работ не рекомендуется сокращать, поскольку происходит интенсивная активизация оползневых явлений.

Список литературы

1. Несмеянов С. А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа (опережающие исследования для инженерных изысканий). Москва: Недра, 1992. 254 с.
2. ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Введ. 2013-07-01. Москва: Стандартинформ, 2013. – 20 с.
3. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. Введ. 2013-01-01. Москва: Стандартинформ, 2013. 38 с.
4. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Взамен СНиП 2.02.01-83; введ. 2017-07-01. Москва: Стандартинформ, 2011. 228 с.
5. Методические рекомендации по оценке оползневой опасности на автомобильных дорогах: ОДМ 218.2.030-2013. Москва, 2013. 89 с.
6. Mora S., Vahrson W.-G. Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination // Bulletin of the Association of Engineering Geologists. 1994. Vol. 31, № 1. P. 49–58.
7. Рекомендации по мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог: ОДМ 218.3.008-2011. Москва, 2011. 42 с.

References

1. Nesmeyanov S. A. *Neostuctural zoning of the North-Western Caucasus (advanced studies for engineering surveys)*. Moscow: Nedra; 1992:254 (In Russ.).
2. *GOST 20522-2012 Soils. Methods of statistical processing of test results. Introduction 2013-07-01*. Moscow: Standartinform; 2013:20 (In Russ.).
3. *GOST 25100-2011. Soils. Classification. Introduction 2013-01-01*. Moscow: Standartinform; 2013:38.
4. *SP 22.13330.2016 Foundations of buildings and structures. Instead of SNiP 2.02.01-83; input. 2017-07-01*. Moscow: Standartinform; 2011:228 (In Russ.).
5. *Guidelines for assessing landslide hazard on highways: ODM 218.2.030-2013*. Moscow: 2013:89 (In Russ.).
6. Mora S., Vahrson W.-G. Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*. 1994;31(1):49–58.
7. Recommendations for monitoring and inspection of retaining walls and retaining structures on landslide sections of highways: ODM 218.3.008-2011. Moscow: 2011:42 (In Russ.).

Информация об авторах

Донцова О. Л. — кандидат географических наук, доцент;
Панина О. В. — кандидат геолого-минералогических наук, доцент;
Чипкова Д. С. — инженер геолог.

Information about the authors

Dontsova O. L. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Panina O. V. — Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor;
Chipkova D. S. — Geological 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 25.08.2023; одобрена после рецензирования 06.09.2023; принята к публикации 14.09.2023.

The article was submitted 25.08.2023; approved after reviewing 06.09.2023; accepted for publication 14.09.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 122–127.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;3(90):122–127 (In Russ.).

Научная статья
УДК: 550.8.028
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_122

МЕТОДЫ И СПЕЦИФИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ НА КОМПЛЕКСНЫХ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЯХ В ПРЕДЕЛАХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ®

Иолин Михаил Михайлович^{1✉}, Борзова Анастасия Сергеевна²
^{1,2} Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
¹ miolin76@mail.ru
² fler.16@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены проведённые инженерно-геологических изыскания для капитального ремонта автомобильных дорог. Проанализированы природные, геологические, гидрологические и геоморфологические особенности района. Определены методы и виды проводимых исследований, оценены риски и даны рекомендации для снижения развития опасных природных процессов на линейных объектах Астраханской области.

Ключевые слова: инженерно-геологические изыскания, капитальный ремонт, полевые работы, камеральные работы, строительство автомобильных дорог

Для цитирования: Иолин М. М., Борзова А. С. Методы и специфика проведения инженерно-геологических изысканий на комплексных линейных сооружениях в пределах Астраханской области // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 122–127. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_122.

METHODS AND SPECIFICS OF GEOTECHNICAL SURVEYS AT COMPLEX LINEAR STRUCTURES WITHIN THE ASTRAKHAN REGION

Mikhail M. Iolin^{1✉}, Anastasia S. Borzova²
^{1,2} Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
¹ miolin76@mail.ru
² fler.16@mail.ru

Abstract. Within the framework of this article, engineering and geological surveys are considered for major repairs of highways. The natural, geological, hydrological and geomorphological features of the area were analyzed. Methods and types of research are defined, risks are assessed and recommendations are given to reduce the development of hazardous natural processes at linear facilities of the Astrakhan region.

Keywords: engineering and geological surveys, overhaul, field work, office work, road construction.

For citation: Iolin M.M., Borzova A.S. Methods and specifics of geotechnical surveys at complex linear structures within the Astrakhan region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023; 3 (90): 122–127. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_122 (In Russ.).

Инженерно-геологические исследования — это комплекс работ, направленный на изучение геологических условий участка строительства, которые включают в себя исследование рельефа, геологического строения, геоморфологических и гидрогеологических условий, состава, свойств и состояния грунтов, геологических и инженерно-геологических процессов, изменений условий, освоенных (застроенных) территорий.

Данные исследования, являются базовым видом изысканий, выполняемым для капитального ремонта автомобильных дорог.

Состав и объём геологических работ коррелирует со сложностью и степенью изученности условий района.

В геоморфологическом отношении участок расположен в пределах аллювиальной пойменной равнины на территории Енотаевского района Астраханской области.

В геолого-структурном плане район расположен в пределах западной части Прикаспийской низменности, которая совпадает с обширной Прикаспийской синеклизой, выполненной толщей осадочных пород мощностью до 10–12 км палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста. Четвертичные отложения Прикаспийской впадины представлены переслаиванием пластов песков и глин с преобладанием в разрезе последних и подразделяются на бакинские, хазарские, хвалынские и современные отложения.

Район изысканий находится у р. Волги и относится к Восточно-Европейской области с умеренно континентальным климатом. По климатическому районированию для строительства относится к району IV Г, дорожно-климатической зоне V. Территория района изысканий находится под воздействием континентальных воздушных масс (табл. 1).

В целом особенностями климата являются: высокая континентальность — резкие колебания температур и засушливость.

Малое количество осадков в сочетании с высокими температурами определяют сухость воздуха и почвы. Увлажнение территории недостаточное, испаряемость устойчиво превышает осадки.

Среднегодовая температура воздуха на территории района изысканий — плюс 9,3° С. Средняя температура воздуха самого холодного месяца (января) составляет минус 6,9° С, самого теплого месяца (июля) — 25,1° С.

Абсолютный минимум достигает минус 33,9° С, абсолютный максимум — плюс 41,5° С. Амплитуда колебаний абсолютных температур воздуха — 75,4° С.

Среднегодовая температура поверхности почвы на территории изысканий плюс 12,5° С, абсолютная максимальная — плюс 69° С, абсолютная минимальная — минус 39° С. Амплитуда колебаний абсолютных температур на поверхности почвы составляет более 100° С.

Таблица 1 — Основные метеорологические характеристики

Элементы климата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Преобладающее направление ветра, румб	В-21	В-26	В-23	В-23	В-18	3-18 СЗ-16	3-19 С-17 СЗ-17	СВ-17 В-16	3-16	3-19	В-22	В-25	В-19
Средняя скорость ветра, м/с	4,5	4,6	4,5	4,4	4,2	3,9	3,7	3,5	3,5	3,9	4,1	4,4	4,1
Ср. число дней с ветром более 15 м/с, день	0,7	0,8	1,0	1,3	0,9	0,9	0,9	0,7	0,4	0,8	0,6	0,8	10
Средняя температура воздуха, °С	-9,5	-9,1	-2,1	9,6	17,4	22,3	25,0	23,5	16,6	7,6	0,5	-5,7	8,0
Средняя температура почвы, °С	-9	-9	-1	12	22	28	30	27	19	8	1	-4	10
Осадки, мм	23	20	20	19	23	24	23	23	19	25	27	27	273
Абсолютная влажность воздуха, гПа	2,9	3,2	4,7	7,1	9,5	12,1	13,4	12,7	9,7	7,2	5,6	4,0	7,7
Дефицит влажности воздуха, мб	0,4	0,5	1,3	6,0	12,1	17,0	20,0	17,8	10,4	3,8	1,2	0,6	7,6
Туманы, день	9	8	6	1	0,2	0,1	—	0,1	0,5	2	6	11	43
Гроза, день				0,4	3	4	5	3	0,8	0,1	0,03		16
Град, день					0,2	0,2	0,03	0,05	0,1	0,03	0,08		0,7
Метель, день	4	4	2	0,3						0,1	0,8	2	13
Пыльные бури, день				0,8	0,8	2,3	2,1	1,8	0,6	0,3	0,0	0,3	9
Гололед, день	2,2	1,8	1,1	0,06						0,02	1,2	2,9	9,3
Изморозь, день	8,5	5,2	2,9	0,2						0,1	1,3	6,7	24,9
Все виды обледенения, день	10	7	4	0,3						0,1	3	10	33

Нормативная глубина сезонного промерзания грунта, при отсутствии данных многолетних наблюдений, определяемая на основе теплотехнического расчета приведена в таблице 2.

Таблица 2 — Нормативная глубина промерзания

Станция	Нормативная глубина промерзания			
	Глин, суглинков	Супесей, песков	Песков гравелистых	Крупнообломочных грунтов
Харабали (1925–2015)	95	116	124	141

Инженерно-геологические изыскания проведены для изучения инженерно-геологических и гидрогеологических условий участка капитального ремонта автомобильной дороги, а также проектируемых искусственных сооружений, с детальностью, обусловленной получением необходимых и достаточных данных для проектирования строительства на стадии разработки проектной документации.

Состав, методика и объемы выполненных работ соответствуют действующим нормативным документам и требованиям. В состав инженерно-геологических изысканий вошли полевые,

лабораторные и камеральные работы. Полевые работы включали: бурение скважин, опробование грунтов и подземных вод, гидрогеологические наблюдения, испытание грунтов статическим зондированием, испытание грунтов штампом, полевые геофизические исследования.

В процессе бурения инженерно-геологических скважин производился полный отбор керна, поинтервальный отбор монолитов и проб грунта нарушенного сложения. Из грунтовой толщи выше уровня грунтовых вод отбирались пробы грунта для определения степени агрессивности к бетону и железобетонным конструкциям. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов горных пород производились в соответствии с требованиями ГОСТ 12071-2014.

Гидрогеологические наблюдения за появлением и установлением уровня подземных вод проводились во всех скважинах, вскрывших подземные воды. Пробы воды отбирались на химический анализ для определения состава, агрессивности к бетону и металлам. Отбор, консервация, хранение и транспортировка проб воды для лабораторных исследований осуществляется в соответствии с ГОСТ 31861-2012.

Основные виды и объёмы полевых работ, выполненных приведены в таблице 3.

Таблица 3 — Основные виды и объёмы работ

Виды работ	Методика выполнения	Объём работ
Инженерно-геологические работы		
Инженерно-геологическая рекогносцировка при хорошей проходимости маршрута III категории сложности	Метод маршрутной съёмки СП 11-105-97	16 км
Колонковое бурение скважин диаметром до 160 мм, глубиной до 15 м, всего 64 скв.	Установка ПБУ-2 на базе КАМАЗ	446 п. м.
Бурение скважин диаметром до 160 мм глубиной до 15 м, всего 14 скв.		87 п. м.
Гидрогеологические наблюдения при бурении скважины диаметром до 160 мм		523 п. м.
Промеры дорожной одежды колонковым, всего 109 промеров		82,85 п. м.
Определение удельного электрического сопротивления Обнаружение БТ		6 ф. н. 1 ф. н.
Статическое зондирование грунтов непрерывным вдавливанием зонда со скоростью не свыше 1 м/мин., с глубиной зондирования до 15 м	Пика-17	9 точек
Испытание грунта штампом площадью 600 см ² до 0,3 МПа	Штамп типа III	14 опытов
	Штамп типа IV	4 опыта

Камеральные работы включали обработку результатов бурения скважин, гидрогеологических наблюдений, лабораторных работ, составление технического отчета с текстовыми и графическими приложениями в соответствии с требованиями СП 47.13330.2012 и технического задания.

Статистическая обработка результатов лабораторных определений физических и механических характеристик грунтов с разделением грунтов на инженерно-геологические элементы (ИГЭ) для определения нормативных и расчётных показателей проводилась согласно ГОСТ 20522-2012.

По данным буровых работ геологический разрез в пределах участка работ представлен до глубины 12,0 м следующими геолого-литологическими слоями (сверху вниз; табл. 4).

Таблица 4 — Геолого-литологические слои в пределах участка изысканий до глубины 12 м

Слой 1 (tQ _{IV})	Верхняя часть дорожной одежды (покрытие) представлена асфальтобетоном слоистым. Слой вскрыт всеми скважинами, пробуренными по трассе автодороги. Современные техногенные грунты слагают основание дорожной одежды автомобильной дороги
Слой 2 (tQ _{IV})	Основание дорожной одежды сложено щебенистым грунтом с песком до 20 %
Слой 3 (tQ _{IV})	Земляное полотно сложено супесь песчанистой твердой просадочной
Слой 4 (tQ _{IV})	Земляное полотно сложено песком мелким неоднородным, малой степени водонасыщения
Слой 5 (tQ _{IV})	Земляное полотно сложено суглинком лёгким песчанистым твёрдым просадочным
Слой 6 (vdQ _{IV})	Эолово-делювиальные отложения представлены супесью песчанистой твёрдой просадочной
Слой 7 (vdQ _{IV})	Эолово-делювиальные отложения представлены Суглинком легким пылеватым твёрдым просадочным
Слой 8 (aQ _{III-IV})	Аллювиальные отложения представлены: песком мелким, средней плотности, плотным, малой степени водонасыщения и насыщенным водой, супесью, суглинками и глинами различной консистенции

По инженерно-геологическим условиям, в соответствии СП 11-105-97, площадка относится к III (сложной) категории сложности.

В период проведения инженерно-геологических изысканий из опасных экзогенных инженерно-геологических процессов отмечено подтопление, затопления (прогнозно). Подземные воды на период изысканий встречены на участках трассы автодороги: ПК46+86...ПК49+30,5; ПК57+10,55...ПК69+34,15; ПК73+80...ПК78+39,45.

Подтопленные участки:

- ПК48 + 00,77: на данном участке трассы автодороги, подтопленной в естественных условиях будет водопропускная труба; капитальный ремонт трубы не предусматривается.
- ПК58 + 83,21: на данном участке трассы автодороги, подтопленной в естественных условиях будет водопропускная труба; капитальный ремонт трубы не предусматривается.
- ПК76 + 43,69: на данном участке трассы автодороги, подтопленной в естественных условиях будет водопропускная труба; Капитальный ремонт трубы не предусматривается.

Остальные участки автодороги не подтапливаются.

В соответствии с СП 115.13330-2016 процесс оценивается как умеренно опасный.

Затопление (прогнозно).

Размыв берегов и по дну водотоков отсутствует.

Максимальные уровни р. Волги на участке ремонтируемой автодороги (от минус 16,23 до минус 16,72 м) значительно ниже отметок полотна автодороги (2,00 м – минус 8,00 м), что исключает её затопление со стороны Волги.

Определение плотности техногенного грунта проводилось в полевых условиях методом «лунки», в таблице 5 приведены результаты этого определения.

Таблица 5 — Результаты определения плотности грунта и угла естественного откоса (методом лунки)

№ выработки	Глубина, м	Вес грунта, т	Объём воды, м ³	Плотн. грунта т/м ³	Высота конуса, м	Диам. конуса м	Угол ест. откоса
Скв. 3	0,4	0,0573	0,0245	2,34	0,30	1,500	30,0
Скв. 4	0,3	0,0450	0,0220	2,03	0,31	1,340	31,0
Скв. 5	0,4	0,0416	0,0210	1,98	0,33	1,110	33,0
Скв. 6	0,5	0,0722	0,032	2,25	0,28	1,64	28
Скв. 26	0,5	0,0638	0,0280	2,28	0,34	1,460	34,0
Скв. 31	0,4	0,0452	0,0225	2,01	0,29	1,28	29
Нормативное значение				2,14			31

Для уточнения границ между ИГЭ, и определения показателей механических характеристик грунтов, в период изысканий был выполнен сравнительный анализ механических характеристик и свойств грунтов (табл. 6).

Таблица 6 — Сравнительная таблица механических характеристик грунтов

ИГЭ	1	2	3	3а	3б	4	4а	5
По лабораторным данным								
Модуль деформации E, МПа при природной влажности компрессионный			6,2	8	3,7	5,3	4	3,7
Модуль деформации E, МПа в водонасыщенном состоянии компрессионный			3,3			2,2	2,8	
Сцепление C, кПа			21	24	11	27	15	41
Угол внутреннего трения φ, град.			18	22	17	16	22	14
По данным статического зондирования								
Модуль деформации E, МПа	34	37	23	31	3,1		19	22
Сцепление C, кПа							27	41
Угол внутреннего трения φ, град.	31	33					22	20
По данным штамповых испытаний								
Модуль деформации E, МПа при природной влажности			23,7	31,3	2,7	23,2	18,9	22,7
Переходный коэффициент m _k для определения модуля деформации E, МПа			3,82	3,91		4,38	4,73	6,14
Согласно СП 47.13330.2016								
Модуль деформации E, МПа	33	38						
Сцепление C, кПа	3	4						
Угол внутреннего трения φ, град.	34	36						
Рекомендованный общий модуль деформации								
Модуль деформации E, МПа при природной влажности			24	31	2,7	23	19	23
Модуль деформации E, МПа в водонасыщенном состоянии			13			10	13	

Результат проведённых исследований позволит разработать ряд мероприятий, устраняющих или уменьшающих деформации оснований, сложенных просадочными грунтами, а именно:

уплотнение грунта тяжёлыми трамбовками или устройством грунтовой подушки, препятствующей замачиванию грунтов сверху; водозащитные мероприятия, снижающие вероятность замачивания грунтов и величину просадки, а также уменьшающие вероятность подтопления территорий и подъёма уровня подземных вод.

Частичное устранение просадочных свойств грунтов в верхней части просадочной толщи рекомендуется применять в сочетании с водозащитными и конструктивными мероприятиями.

Водозащитные мероприятия на просадочных грунтах следует предусматривать для предотвращения или снижения вероятности замачивания основания сооружений и развития неравномерных осадок и просадок грунтов, контроля над состоянием водонесущих сетей и для возможности их осмотра и ремонта.

Для существенного уменьшения притока поверхностных вод в основание дорожной одежды и снижения расчётной влажности грунта земляного полотна необходимо предусматривать такие мероприятия, как укрепление обочин, обеспечение надлежащего их поперечного уклона и водонепроницаемости, устройство бордюров и лотков, а также обеспечение безопасного расстояния от бровки земляного полотна до уреза длительно застаивающейся поверхностной воды.

Инженерную защиту территории выполнять в соответствии с рекомендациями, разработанными в ходе выполнения исследований, и в соответствии с требованиями по инженерной защите территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов.

Список литературы

1. Ананьев В. П., Потапов В. Д. Специальная инженерная геология. Москва: Высшая школа, 2008. 263 с.
2. Ананьев В. П., Потапов А. Д., Филькин Н. А. Специальная инженерная геология. Москва: Инфра-М, 2017. 320 с.
3. Бармин А. Н., Иолин М. М., Кондрашин Р. В., Шуваев Н. С. Экологическое состояние и особенности воздействия техногенных нагрузок в Астраханской области // Безопасность жизнедеятельности. 2008. № 8 (92). С. 44–49.
4. Бармин А. Н., Иолин М. М., Шарганова И. А., Кульвинская Е. А. Современная характеристика почвенного покрова Астраханской области // Южно-российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. 2006. № 1 (14). С. 64–73.
5. Бармин А. Н., Кондрашин Р. В., Иолин М. М. Методологические подходы при комплексных исследованиях геосистем Астраханской области // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. 2006. № 9 (22). С. 31–35.
6. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
7. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
8. ГОСТ 12071-2000. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов.
9. ГОСТ 17.5.3.06-85. Охрана природы земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ.
10. Добров Э. М. Инженерная геология. Москва: Academia, 2016. 271 с.
11. Завьялова О. В., Иолин М. М., Борзова А. С. Региональные особенности современного состояния почвенного покрова Астраханской области // Межвузовский сборник научных трудов. Астрахань, 2021. С. 121–124.
12. Иолин М. М., Бармин А. Н. Оценка экологического состояния почвенного покрова Астраханской области при влиянии современного техногенеза // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2012. № 15 (134). С. 161–167.
13. Иолин М. М., Грачев Д. С., Борзова А. С. Особенности и объёмы инженерно-геологических изысканий для капитального ремонта автомобильных дорог и сооружений на них на территории Астраханской области // Астраханский вестник экологического образования. 2022. № 4 (70). С. 123–129.
14. Календжян Т. В., Иолин М. М., Борзова А. С. Особенности климата Астраханской области в сборнике // Современные проблемы географии. Астрахань, 2021. С. 125–128.
15. СП 115.13330-2016 Геофизика опасных природных воздействий.
16. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства.
17. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. основные положения.

References

1. Ananyev V. P., Potapov V. D. *Special engineering geology*. Moscow: Vysshaya shkola; 2008:263 (In Russ.).
2. Ananev V. P., Potapov A. D., Filkin N. A. *Special engineering geology*. Moscow: Infra-M; 2017:320 (In Russ.).
3. Barmin A. N., Iolin M. M., Kondrashin R. V., Shuvaev N. S. Ecological state and features of the impact of man-made loads in the Astrakhan region. *Life safety*. 2008;8(92):44–49 (In Russ.).
4. Barmin A. N., Iolin M. M., Sharganova I. A., Kulvinskaya E. A. Modern characteristics of the soil cover of the Astrakhan region. *South-Russian Bulletin of Geology, Geography and Global Energy*. 2006;1(14):64-73 (In Russ.).

5. Barmin A. N., Kondrashin R. V., Iolin M. M. Methodological approaches in complex studies of geosystems of the Astrakhan region. *South-Russian Bulletin of Geology, Geography and Global Energy*. 2006;9(22):31–35 (In Russ.).
6. *GOST 5180-2015. Soils. Methods of laboratory determination of physical characteristics.*
7. *GOST 12248-2010. Soils. Methods of laboratory determination of strength and deformability characteristics.*
8. *GOST 12071-2000. Soils. Sampling, packaging, transportation and storage of samples.*
9. *GOST 17.5.3.06-85. Nature protection of the earth. Requirements for determining the norms for removing the fertile soil layer during excavation.*
10. Dobrov E. M. *Engineering Geology*. Moscow: Academia; 2016:271 (In Russ.).
11. Zavyalova O. V., Iolin M. M., Borzova A. S. Regional features of the current state of the soil cover of the Astrakhan region. *Intercollegiate collection of scientific papers*. Astrakhan: 2021:121–124 (In Russ.).
12. Iolin M. M., Barmin A. N. Assessment of the ecological state of the soil cover of the Astrakhan region under the influence of modern technogenesis. *Scientific bulletin of Belgorod State University. Series "Natural Sciences"*. 2012;15(134):161–167 (In Russ.).
13. Iolin M. M., Grachev D. S., Borzova A. S. Features and volumes of engineering and geological surveys for major repairs of highways and structures on them in the Astrakhan region. *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*. 2022;4(70):123–129 (In Russ.).
14. Kalendzhyan T. V., Iolin M. M., Borzova A. S. Features of the climate of the Astrakhan region in the collection: Modern problems of geography. *Interuniversity collection of scientific papers*. Astrakhan: 2021:125–128 (In Russ.).
15. *SP 115.13330-2016 Geophysics of hazardous natural impacts.*
16. *SP 11-105-97 Engineering and geological surveys for construction.*
17. *SP 47.13330.2012 Engineering surveys for construction. The main provisions.*

Информация об авторах

Иолин М. М. — кандидат географических наук, доцент;
Борзова А. С. — старший преподаватель.

Information about the authors

Iolin M. M. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Borzova A. S. — Senior Lecturer.

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

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

Статья поступила в редакцию 22.08.2023; одобрена после рецензирования 06.09.2023; принята к публикации 14.09.2023.

The article was submitted 22.08.2023; approved after reviewing 06.09.2023; accepted for publication 14.09.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 128–145.
Geology, Geography and Global Energy. 2023; 3 (90): 128–145 (In Russ.).

Научная статья
УДК: 57.04+26.38
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_128

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА®

Мищенко Кирилл Павлович^{1✉}, Бармин Александр Николаевич², Изимова Анна Мирбулатовна³, Симонова Елена Вячеславовна⁴

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

³ ООО «Газпромнефть – Технологические партнёрства», Санкт-Петербург, Россия

⁴ ООО «Альфа Горизонт», Санкт-Петербург, Россия

¹ kirill210399@mail.ru✉

² abarmin60@mail.ru

³ anna.izimova@gmail.com

⁴ elenasimonovand16-2@mail.ru

Аннотация. Актуальность работы обусловлена растущим числом исследований по воздействию гидравлического разрыва пласта на окружающую среду, которые во многом формируются под политическими, социальными и экономическими веяниями. Однако существует пробел в рассмотрении влияния гидравлического разрыва пласта с точки зрения технологии. Целью исследования является междисциплинарный анализ экологических рисков проведения гидравлического разрыва пласта в разрезе различных технологических решений и формирование классификации ГРП по степени влияния на окружающую среду. Проведён библиометрический анализ на основании баз данных Scopus, eLibrary, Google Scholar, рассмотрен технологический аспект технологии, оценены риски воздействия на атмосферу, гидросферу, литосферу и биосферу. Выявлены основные тенденции в области изучения влияния гидравлического разрыва пласта на экологию. Предложена классификация по степени влияния различных видов ГРП на окружающую среду.

Ключевые слова: гидравлический разрыв пласта, окружающая среда, литосфера, гидросфера, атмосфера, биосфера, нефть, газ, сланцевые запасы, экологические риски, геоэкология

Для цитирования: Мищенко К. П., Бармин А. Н., Изимова А. М., Симонова Е. В. Анализ экологических рисков, возникающих при проведении различных видов гидравлического разрыва пласта // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 128–145. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_128.

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL RISKS ARISING FROM VARIOUS TYPES OF HYDRAULIC FRACTURING

Kirill P. Mishchenko^{1✉}, Alexander N. Barmin², Anna M. Izimova³, Elena V. Simonova⁴

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

³ Gazpromneft-Technological Partnerships LLC, St. Petersburg, Russia

⁴ Alpha Horizon LLC, St. Petersburg, Russia

¹ kirill210399@mail.ru✉

² abarmin60@mail.ru

³ anna.izimova@gmail.com

⁴ elenasimonovand16-2@mail.ru

Abstract. The relevance of the work is due to a growing number of studies on the impact of hydraulic fracturing on the environment, which are largely shaped by political, social and economic trends. However, there is a gap in considering the impact of hydraulic fracturing from a technology perspective. The purpose of the study is to provide an interdisciplinary analysis of the environmental risks of hydraulic fracturing in terms of various technological solutions and to form a classification of hydraulic fracturing by the degree of its impact on the environment. A bibliometric analysis based on the Scopus, Elibrary, Google Scholar databases was carried out, the technological aspect of the technology was examined, and the risks of impact on the atmosphere, hydrosphere, lithosphere and biosphere were assessed. The main trends in the study of the effects of hydraulic fracturing on the environment are identified. The classification according to the degree of impact of various types of hydraulic fracturing on the environment is proposed.

Keywords: hydraulic fracturing, environment, lithosphere, hydrosphere, atmosphere, biosphere, oil, gas, shale reserves, environmental risks, geoecology

For citation: Mishchenko K. P., Barmin A. N., Izimova A. M., Simonova E. V. Analysis of environmental risks arising from various types of hydraulic fracturing. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;3(90):128–145. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_3_128 (In Russ.).

Введение

С каждым годом всё большее внимание уделяется вопросам экологии (рис. 1). Пристальное внимание провоцирует конкретные законодательные ограничения, которые зачастую принимаются под политическим, социальным или иным давлением, не имея при этом должной научной обоснованности. Так, программа сокращения выбросов углекислого газа, принятая Евросоюзом, является достаточно дискуссионной, потому что не учитывает полный цикл использования источников энергии [7].

Одной из ключевых областей экологических споров выступает гидравлический разрыв пласта (ГРП). О его влиянии на окружающую среду споры не утихают до сих пор, страны по-разному реагируют на возникающие риски. По борьбе с рисками страны можно разделить на четыре группы: первая группа вводит бессрочный мораторий на проведение ГРП (Франция, Болгария, Великобритания), вторая принимает временный мораторий (Германия, Нидерланды), третья группа разрешает проведение, но не поощряет (Испания, Новая Зеландия), четвёртая группа поддерживает проведение ГРП для добычи УВ из сланцев (США, Китай, Россия, Польша) [43; 62].

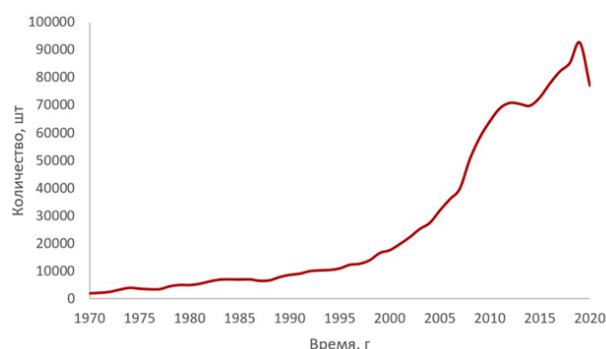


Рисунок 1 — Динамика публикаций на тему экологии. Источник: 1382 390 документов из базы Scopus, полученные на основе поискового запроса с учётом ограничения по годам (TITLE (ecology or environment) or KEY (ecology or environment))

Отношение некоторых стран менялось с течением времени. Так, Великобритания, имеющая большие перспективы в разработке сланцевого газа, в 2019 г. кардинально поменяла позицию: от поддержки ГРП она перешла к введению моратория [18]. Однако энергетический кризис 2022 г. изменил позицию Великобритании, которая вновь возвращается к разработке месторождений с помощью ГРП.

Польша долгое время считалась самой перспективной европейской страной для добычи сланцевого газа с применением ГРП, но после ухода с рынка “Chevron” и подтверждения запасов, которые оказались в пять раз меньше заявленных, надежда страны на сланцевый газ исчезла [11]. В процессе создания концепции разработки проводилось моделирование воздействия ГРП на водные ресурсы. Результаты показали, что процесс может задействовать 0,03–0,86 % от общего потребления воды в районе месторождения. Подобное потребление окажет существенное влияние на окружающую среду особенно в периоды засухи [44].

Ситуация в США неоднозначная: одни штаты запрещают ГРП (Нью-Йорк, Вермонт), другие вводят частичные ограничения (Пенсильвания, Вайоминг, Луизиана) или способствуют его применению (Северная Каролина, Техас) [22; 29; 35]. Решения о запрете ГРП принимаются не только на уровне государства и штатов, но и на уровне городов: так, некоторые запретили проведение ГРП на своей территории [46].

Российская политика в отношении углеводородов (УВ) традиционно снисходительная. Для разработки трудноизвлекаемых запасов низкопроницаемых коллекторов, добыча которых невозможна без ГРП, обеспечиваются налоговые льготы [16]. Россия имеет значительные запасы сланцевого газа и сланцевой нефти [75], но при текущей цене на нефть, наличии большого количества традиционных запасов и современном уровне технического развития их разработка нецелесообразна. При этом реализуются локальные сланцевые проекты по бажену, ачиму и доманику [5], что позволяет сделать вывод о готовности России решать современные технические вызовы.

Следует отметить, что нетрадиционные ресурсы УВ, такие как сланцевый газ и сланцевая нефть, неразрывно связаны с ГРП, так как их разработка без применения этого метода увеличения нефтеотдачи нерентабельна или вовсе невозможна, а экологические риски разработки сланцевых УВ тождественны рискам проведения ГРП.

Тейс Ван де Грааф, исследуя причины различных позиций стран Евросоюза по отношению к ГРП, формулирует некоторые гипотезы, позволяющие проанализировать решения стран [43]:

1) страны с высокой зависимостью от импорта УВ, особенно газа, с большей вероятностью примут разрешительные меры по отношению к ГРП (безопасность энергоснабжения);

2) экономически менее развитые страны с большей вероятностью примут разрешительные меры по отношению к ГРП (экономические приоритеты при определённом уровне экономики сменяются экологическими);

3) страны, управляемые правительствами с «коричневыми» предпочтениями, с большей вероятностью примут разрешительные меры по отношению к ГРП (партии можно разделить на «зелёные», которые оказывают защите окружающей среды большее внимание, и на «коричневые»);

4) страны, в которых общественность серьёзно обеспокоена рисками ГРП, с большей вероятностью примут запретительные меры (общественное мнение);

5) страны с многоуровневой системой управления с большей вероятностью примут запретительные меры (унитарное управление больше внимание уделяет интересам государства, при этом многоуровневое управление будет учитывать местные интересы, экологические риски несут как раз местный характер, а основные выгоды от реализации ГРП являются общегосударственными);

6) страны с долгими демократическими традициями с большей вероятностью примут запретительные меры (в странах Западной Европы негосударственные структуры больше вовлечены в управление, поэтому социальные, экологические и человеческие проблемы поднимаются чаще, в странах же Восточной Европы ситуация отличается из-за протяжённого исторического влияния авторитарных режимов).

Интересно, что автор не использует критерий экологического риска, а закладывает его через отношение, которое формируется к риску у общественности и правительства, что говорит о субъективном подходе принятия решений в странах Европы.

Несмотря на то, что вопросы рисков гидравлического разрыва пласта широко исследуются в последние годы, научно доказанные факты часто отходят на второй план, что делает оценку крайне субъективной. Такая оценка мешает принятию рациональных решений для развития страны и благополучия людей. Неверным допущением является объединение различных видов ГРП в одно общее понятие. Каждая операция — это совокупность множества уникальных параметров, которые в различной степени влияют на окружающую среду. С учётом этого целью данной работы является проведение анализа литературных источников и выявление научно-обоснованных рисков, связанных с ГРП, а также разработка классификации по степени влияния рисков на отдельные виды гидравлического разрыва пласта.

Библиометрический анализ

С целью выявления основных вызовов, стоящих перед экологически безопасным проведением гидравлического разрыва пласта, произведён анализ литературных источников. Основной базой для поиска данных была выбрана международно признанная реферативная база Scopus. Журналы, входящие в базу данных, проходят серьёзный отбор, а также ежегодно некоторые исключаются из Scopus из-за несоответствия требованиям. Высокие требования к журналам, мировое признание и множественные рекомендации публикующихся в научной сфере авторов создают предпосылки для высокого качества материалов, включённых в базу данных. Для поиска русскоязычных источников использовалась база eLibrary. Также для анализа литературных источников применялась система Google Scholar. Для уточнения актуальной информации задействовались новостные порталы.

На рисунке 2 изображена схема отбора научных публикаций по выделенной проблематике. На первом этапе отбора сформулирован поисковый запрос (ПЗ) в базе Scopus, который позволил выделить из всей базы интересующую область. Результаты данного запроса позволяют сформировать историческую оценку отношения к экологическому аспекту ГРП и провести кластерный анализ источников. Поиск проводился по названию статей, ключевым словам и аннотации.

С целью отсеивания нерелевантных результатов для полнотекстового изучения в изменённом запросе был исключён поиск по аннотации. На результаты поискового запроса применены разнообразные фильтры: отобраны статьи с 2010 по 2023 г., что позволяет изучить основные инновационные исследования в данной области; ограничение по отраслям знаний даёт возможность исключить источники, которые затрагивают тему лишь вскользь. Оставшиеся источники отсортированы по цитированию. Наиболее цитируемые из них и релевантные проанализированы в полном объёме.

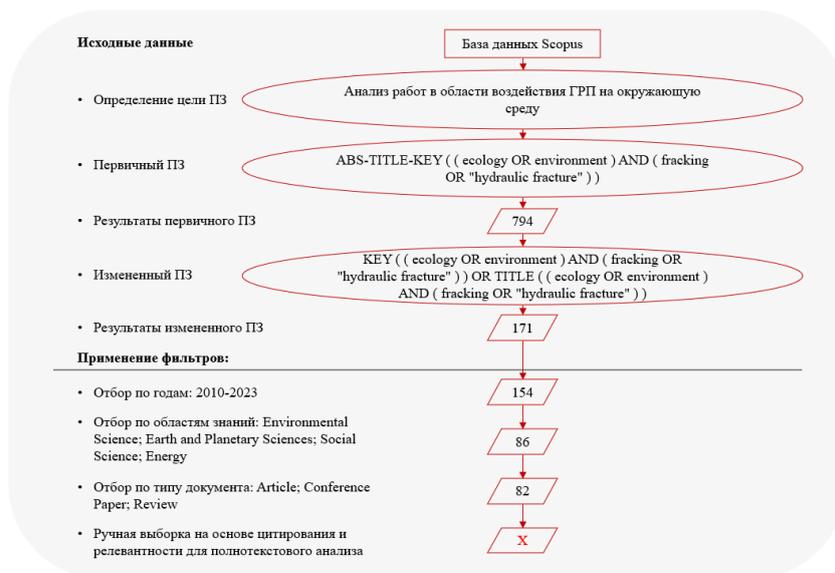


Рисунок 2 — Схема отбора научных публикаций

Для лучшего понимания взаимосвязей, проявляющихся в отобранных литературных источниках, выполнен кластерный анализ с помощью программного обеспечения “VOSViewer” [45]. Взаимосвязи, отображаемые в результате анализа, способствуют удалению нерелевантных источников, выявлению точек соприкосновения исследуемых областей и дают визуальное представление об исследуемой области. Кластерный анализ проведён по результатам первого поискового запроса на основании ключевых слов и представлен на рисунке 3.

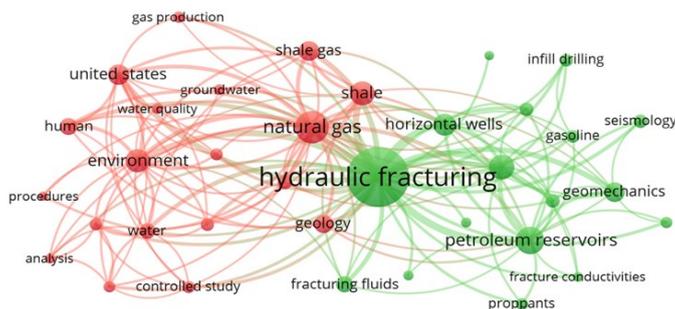


Рисунок 3 — Визуализация кластерного анализа по ключевым словам на основе результатов первого ПЗ

По представленному кластерному анализу, по ключевым словам можно сделать некоторые выводы. Во-первых, рассматриваемая тематика находится на стыке технического (правая область, выделенная зелёным цветом (рис. 3)) и экологического (левая область, выделенная красным цветом (рис. 3)) аспектов. Во-вторых, можно выделить основные проблемные направления в рамках воздействия на окружающую среду: сейсмическая активность (seismology), воздействие на водные ресурсы (water, water quality, groundwater), воздействие на человека (human) и другие. В-третьих, весомую часть имеют понятия сланцев (shale) и сланцевого газа (shale gas), которое в данном случае близко к понятию природного газа (natural gas). Данный факт можно объяснить тем, что большое количество материала написано именно с привязкой к экологическому аспекту применения ГРП на сланцевых месторождениях газа. Это сужает комплексность источников и формирует неправильное представление о рисках проведения ГРП на нефтяных месторождениях. В-четвёртых, выделяется термин “Соединённые Штаты” (“United States”), что говорит о большом количестве разработок в данной области в США. Данный факт свидетельствует о том, что представление об экологических рисках проведения ГРП сформированы в ограниченных условиях. Для Российской Федерации с её уникальными месторождениями и географическими особенностями необходимы дополнительные исследования в указанной области.

Анализ литературных источников по годам издания позволил оценить изменение отношения к данной области (рис. 4).

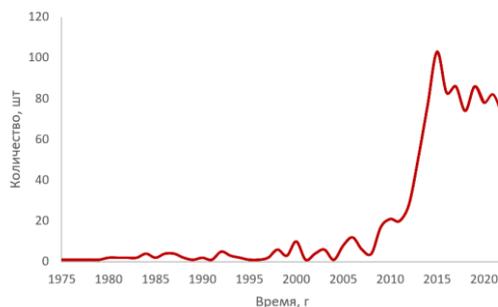


Рисунок 4 — Динамика количества статей по годам на основе результатов первого ПЗ в базе Scopus

На графике с 2010 г. выделяется период резкого роста числа публикаций по анализируемой тематике. Увеличение внимания связано со сланцевой революцией, которая происходила в США в начале второго десятилетия XXI в. Она характеризовалась двумя ключевыми моментами: техническим прогрессом в бурении горизонтальных скважин и применением на этих скважинах большеобъёмного гидравлического разрыва пласта [30]. Сочетание двух инновационных технологий, налоговые послабления и активное финансирование разработок позволили США создать систему добычи газа из нетрадиционных источников — сланцев, проницаемость которых в несколько десятков раз ниже, чем проницаемость традиционных коллекторов [8]. Это позволило США закрепиться в лидерах мировой добычи природного газа (рис. 5).

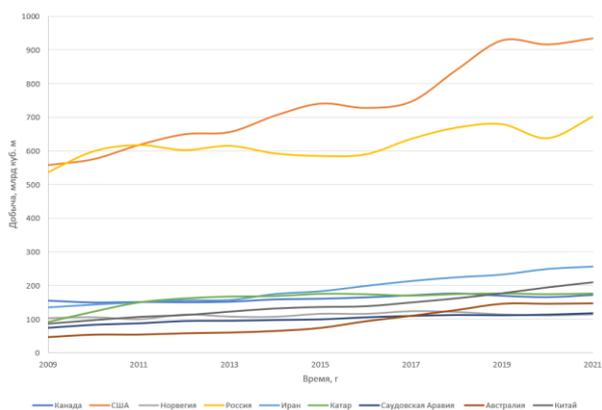


Рисунок 5 — Динамика добычи природного газа по странам [на основе данных 52]

При изменении визуализации кластерного анализа на визуализацию наложения (“Overlay Visualisation”) возможно оценить динамику применения ключевых слов во времени (рис. 6).

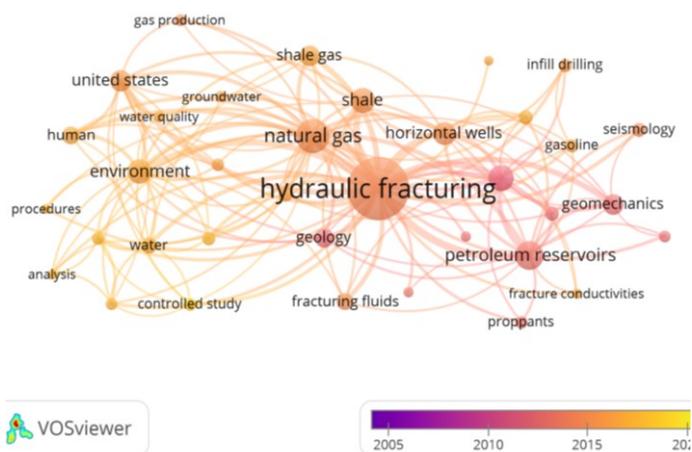


Рисунок 6 — Визуализация кластерного анализа по ключевым словам с учётом временного фактора

Результаты позволяют сделать вывод о том, что в публикациях в рамках заданной темы в последние годы уделяется всё большее внимания экологическому аспекту, при этом техническая составляющая процесса исследуется в меньшей степени. Для комплексной оценки влияния ГРП на окружающую среду необходимо рассматривать экологический аспект с привязкой к техническому аспекту.

Российская география добычи углеводородного сырья существенно отличается от общемировой, где добыча зачастую ведётся в непосредственной близости от проживания людей. Удалённость добычи от мест проживания людей существенно влияет на внимание, оказываемое теме воздействия ГРП на окружающую среду, в том числе поэтому в России экологическая оценка ГРП не находит должного внимания и требует иного подхода оценки в отличие от европейских стран или США.

Растущее число публикаций по данной теме, широкая область исследований, слабая взаимосвязь технического и экологического аспектов в последние годы, а также большое значение УВ для экономики Российской Федерации говорят об актуальности и глобальном характере проблемы возникающих рисков при проведении ГРП.

Для комплексного анализа экологических рисков необходимо исследовать технологические аспекты ГРП.

Технологический аспект гидравлического разрыва пласта

В процессе ГРП в пласт нагнетается загущенная жидкость под высокими давлениями, которые позволяют произвести разрыв пласта. В результате разрыва в пласте образуется комплекс трещин, для сохранения которых в закачиваемую жидкость с постепенно увеличивающейся концентрацией добавляется проппант — зернистый материал, обычно округлой формы, который заполняет трещину и препятствует её смыканию после снятия давления нагнетания, типичными представителями являются песок и керамический проппант. Современный проппант является многофункциональным. Химически модифицированная поверхность проппанта может предотвращать выпадение солей, выделение парафинов и способствовать увеличению длительности эффекта от ГРП [37].

Жидкость для проведения ГРП может быть различной: на водной, углеводородной, кислотной или пенной основе. Благодаря доступности и низкой стоимости водная основа получила широкое распространение. Для удержания частиц проппанта во взвешенном состоянии добавляют гелеобразователи — вещества, представляющие собой полимерные цепи с гидрофильными группами, которые взаимодействуют с водой. Существуют различные полимеры, самый известный из них — гуар и его модификации. Для улучшения эффективности геля используются сшиватели, которые соединяют отдельные агрегаты, образованные полимером, и позволяют увеличить вязкость раствора, придавая при этом дополнительную температурную устойчивость. В качестве сшивателей выступают ионы металлов, таких как бор, алюминий, титан и цирконий [21]. Для нейтрализации бактерий, которые производят токсичный сероводород, способствуют коррозии и преждевременному разрушению геля, используют биоцид, например глутаральдегид [34]. Для воздействия на поверхность раздела фаз добавляют поверхностно-активные вещества. Они способствуют образованию эмульсий или их разрушению, изменяют смачиваемость породы, позволяют образовывать пены (уксусная кислота с NH_4 и NaNO_2) [24]. С целью предотвращения набухания глин используют стабилизаторы глин, чтобы обеспечить временную или постоянную совместимость жидкости и породы (хлорид калия). Для ускорения процесса создания фильтрационной корки и уменьшения объёма потерянной жидкости используют понизители водоотдачи, которые перекрывают каналы и создают фильтрационную корку. Самым распространённым и недорогим материалом является измельчённый кварцевый песок. После проведения операции пласт необходимо очистить, для этого используют деструкторы. Широкое распространение получили окислители и ферменты. Популярными окислительными деструкторами являются персульфаты натрия, калия и аммония [21]. Помимо приведённых добавок используется множество других, придающих жидкости особые свойства.

Гидравлический разрыв пласта применяется в различных условиях, в связи с этим существуют различные виды применяемых технологий ГРП.

Одностадийный ГРП

Самым простым и часто применяемым является стандартный гидроразрыв пласта. Его суть заключается в том, что в пласт нагнетается гель с увеличивающимся расходом во времени до разрыва пласта, далее происходит нагнетание геля с постоянным расходом при постепенном увеличении концентрации проппанта в нём, темп нагнетания варьируется в пределах 2–5 м³/мин. Масса проппанта, закаченного в пласт, при данном методе до 30 т. Рекомендуется для применения в пластах толщиной до 15 м, проницаемостью более 40 мД и малой расчленённостью с экранами

толщиной более 10 м, фронт вытеснения должен находиться дальше половины расстояния между скважинами.

Вторым видом является объёмный гидроразрыв пласта. Основное отличие в том, что масса закаченного проппанта от 30 до 60 т. Рекомендуется для применения в пластах толщиной до 20 м, проницаемостью менее 40 мД и большой расчленённостью с толщиной глинистых пропластков не более 3 м с экранами толщиной более 10 м.

Большеобъёмный или массивованный ГРП имеет тот же механизм, но закаченная масса проппанта более 60 т. Рекомендуется для применения в пластах толщиной более 15 м, проницаемостью менее 40 мД и большой расчленённостью. Как правило, проводится предварительная перфорация и обработки ПЗП кислотными растворами.

Селективный ГРП является разновидностью стандартного ГРП и проводится в определённом интервале пласта. Рекомендуется для применения в пластах с высокой расчленённостью с толщиной глинистых пропластков более 2 м, с неоднородности ФЕС и нефтенасыщенности. Требуется предварительная подготовка интервала установки пакеров, реперфорации, изоляции не обрабатываемых интервалов.

Изоляционный или экраноустанавливающий ГРП отличается дополнительной закачкой оторочки изолирующего материала перед заполнением трещины проппантом. Рекомендуется для применения в пластах с малой толщиной перекрывающих экранов менее 3 м, отделяющих от водоносных пластов. Требуется дополнительное оборудование и материалы. Позволяет избежать фильтрации воды в скважину [3].

Многостадийный ГРП

В связи с увеличением доли трудноизвлекаемых запасов традиционный гидроразрыв пласта больше не является перспективным [42]. Развитие технологии идет с ростом количества стадий для увеличения зоны дренирования: так, в XXI в. в Америке для сланцевых месторождений разработали технологию многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП), которая с 2010 г. активно начала использоваться и в России [40].

Горизонтальные скважины и многостадийный гидроразрыв пласта являются ведущими технологиями, используемыми для залежей сланцевого газа [50] и для низкопроницаемых коллекторов [25]. В результате МГРП происходит не только интенсификация добычи нефти, но и вовлечение в разработку запасов, которые ранее оставались неохваченными разработкой в зонах или участках пласта в силу ряда причин. Так как применение технологии МГРП возможно лишь в горизонтальных скважинах, сокращается количество разбуриваемых скважин, появляется возможность объединения в куст большого количества скважин, в связи с чем снижается экологическое воздействие технологии [15].

Существуют различные технологии МГРП, но наиболее эффективными на сегодняшний день считают две: Plug-and-perf и Mongoose. Попытка определить, какая стратегия обеспечивает наибольшую ценность, может быть сложной задачей, ведь у каждой стратегии завершения есть свои преимущества и недостатки, и выбор того, какую из них применить, может быть продиктован восприятием и / или логистикой, которые обеспечат максимальный объём добычи углеводородов за кратчайшее время [70].

Технология Plug-and-perf. Технология Plug-and-perf является наиболее часто используемым методом МГРП в Северной Америке [57].

Работы начинают с перфорации участка в призабойной зоне, после чего проводят ГРП [6]. Далее участок изолируют с помощью мостовой пробки, перфорируют новый участок, проводят ГРП и повторяют весь цикл операций. Перед добычей производят расфрезировку всех пробок.

Технология Mongoose. Такой тип МГРП позволяет сокращать затрачиваемое на работы время и обеспечить лучшую управляемость процессом закачки [61].

Компоновка для проведения и изоляции спускается на ГНКТ ниже скользящей муфты, которые спускаются и устанавливаются в компоновку хвостовика при заканчивании скважины. При протяжении компоновки вверх выступы локатора муфт фиксируются в пазу, расположенному внизу муфты. После происходит установка пакера многократной установки: клинья располагают внутри муфты, уплотнение пакера происходит относительно внутреннего цилиндра. В случае превышения давления нормированного значения компоновка и внутренний цилиндр сдвигаются вниз, что вызывает открытие отверстий в муфте и происходит закачка жидкости в пласт. Когда стадия завершена (видно по графикам закачки), ГНКТ приподнимается, открывается встроенный выравнивающий клапан, происходит срыв пакера. Забойная компоновка вместе поднимается выше, к следующей скользящей муфте, и весь порядок действий повторяется [1].

Таким образом, можно сказать, что технология МГРП — сложная, но уникальная технология, обладающая высоким потенциалом развития, которая обеспечит полное освоение ранее труднодоступных месторождений.

Кислотный ГРП. При освоении карбонатных коллекторов с низкими фильтрационно-ёмкостными свойствами наиболее эффективным методом стимуляции притока является проведение кислотного гидроразрыва пласта [19].

Принципы и цели кислотного гидроразрыва примерно те же, что и проппантного гидроразрыва. Однако основным различием является средство достижения необходимой проводимости трещины. При кислотном гидроразрыве закрепитель трещины в виде проппанта не применяется, а сам процесс основан на травлении стенок созданной трещины соляной кислотой, что в дальнейшем и обеспечивает её проводимость за счёт селективного действия кислоты [10].

Основными факторами, благоприятствующими проведению кислотного разрыва, являются: преобладающая естественная трещиноватость карбонатного пласта, неоднородность пласта с прослоями пористых и проницаемых интервалов, удалённое расположение целевого интервала от нежелательных водяных или газовых интервалов, кольматация призабойной зоны и невозможность закачки проппанта в скважину [19].

Существует несколько технологий проведения кислотного ГРП. Рассмотрим некоторые из них [4]:

1. Классический КГРП: производится разовая закачка соляной кислоты в полном объёме; Жидкостью разрыва может быть как кислота, так и высоковязкая жидкость.
2. «Вязкостные пальцы»: инициация трещины высоковязкой жидкостью разрыва и далее стадия закачки раствора кислоты с продавкой её вглубь пласта; происходит вытеснение невязким флюидом вязкого флюида, в результате чего создаётся пальцевидное проникновение, которое приводит к более высокой глубине проникновения кислоты в пласт.
3. Чередующиеся ступени: чередуется закачка загущенной кислоты и геля, при этом гель создаёт более широкую трещину, охлаждает её и частично нагревается за счёт температуры, выделившейся при реакции кислоты, способствуя увеличению длины протравленной трещины.
4. Стадия с проппантом: производят закачку жидкости разрыва, затем закачку вязкого буфера, а после — закачку смеси проппанта и вязкой жидкости; данная технология позволяет увеличить проницаемость трещины и длительность эффекта от стимуляции.

Рассмотрим наиболее часто применяемую технологию проведения классического КГРП. Первой стадией проведения является закачка линейного геля на водной основе («подушка») с целью раскрытия и гидравлическое расширение естественных трещин, образования искусственных трещин, а также заполнения каверн и естественных трещины с высокой проницаемостью. Далее следует стадия закачки загущенной соляной кислоты 15%-й концентрации с целью вытравливания в поверхности ранее образовавшейся трещины каналов высокой проводимости. Затем следует стадия продавки с целью вытеснения линейным гелем на водной основе оставшейся в скважине кислоты в пласт. И завершающей стадией является технический простой скважины для реагирования соляной кислоты с породой пласта [9].

Рассмотренная технология проведения кислотного ГРП широко применяется на месторождениях Западной Сибири компаниями ПАО «ЛУКОЙЛ», ОАО «Удмуртнефть», ПАО АНК «Башнефть» и ПАО «Сургутнефтегаз» [2; 4; 13].

Экологический аспект гидравлического разрыва пласта

Технология ГРП может приводить к значительным нарушениям в геологических структурах и вмещающих породах, а также к появлению в недрах разнообразных органических и неорганических веществ антропогенного происхождения, которые загрязняют подземные воды и даже (особенно при неглубоком залегании продуктивных пластов) выходят на поверхность [12]. На рисунке 7 представлены виды воздействий ГРП на окружающую среду.



Рисунок 7 — Виды воздействий ГРП на окружающую среду (составлено авторами на основе данных источника [41])

Существует множество нерешённых вопросов экологической безопасности при применении технологии ГРП, но так как технология перспективна для добычи трудноизвлекаемых запасов, необходимо на постоянной основе проводить экологический мониторинг природных сред. Во многих странах сформированы экологические комиссии, занимающиеся вопросами технологии гидроразрыва и его последствиями. Важную роль играют отчёты, публикуемые Агентством по охране окружающей среды США (Environmental Protection Agency — EPA) [76]. При этом в первую очередь осуществляется наблюдение состояния подземных, грунтовых и поверхностных вод, атмосферного воздуха и мест размещения отходов бурения с отходами ГРП.

В результате аварии, сбоя в работе оборудования или неправильного обращения с текучими компонентами для проведения ГРП могут возникнуть загрязнения непосредственно на поверхности земли. Испарение текучего компонента приводит к негативному воздействию на атмосферу, а фильтрация через почву приводит к загрязнению грунтовых вод. Рабочие жидкости ГРП и пластовые флюиды могут также распространяться и вдоль скважины, когда созданные при проведении ГРП трещины открывают незапланированные гидравлические соединения со старыми скважинами. Также при возникновении нарушений цементного кольца или обсадных колонн в процессе проведения ГРП рабочие жидкости фильтруются через заколонное пространство в вышележащие горизонты, что может привести к загрязнению грунтовых вод. Созданные в процессе ГРП трещины также могут открыть нежелательные гидравлические соединения разрабатываемого пласта с водоносным горизонтом по поверхности геологического разлома. Также в результате проведения ГРП пластовые флюиды по созданным трещинам могут профильтроваться в высокопроницаемый вышележащий пласт, который в свою очередь граничит с водоносным горизонтом [55].

Воздействие на атмосферу

В процессе гидроразрыва на газосланцевых месторождениях фиксируются потери метана и других углеводородных газов [31; 36]. Данные по Haynesville, Marcellus и другим месторождениям позволяют говорить о весьма значительном загрязнении атмосферного воздуха: потери метана в 3–8 % приводят к нарастанию парникового эффекта. Существуют прогнозы о том, что разработка сланцевых месторождений с помощью ГРП приведёт к ухудшению ситуации с парниковыми выбросами [58; 69]. Уже сейчас в США существует «экологический налог» на разработку сланцев, в штате Колорадо в законодательстве закреплено ограничение на выброс метана при промышленной разработке сланцевых месторождений. Однако ряд учёных считает, что воздействие технологии на атмосферу можно считать минимальным, так как на долю гидроразрыва приходится лишь 1–2 % выбросов парниковых газов за весь жизненный цикл скважины [77].

Существует возможность загрязнения атмосферы через воды обратного притока: исходные химикаты, используемые при гидроразрыве, и летучие вещества, вымытые из вмещающих пород, могут испаряться и поступать в атмосферный воздух [71]. При эксплуатации буровых установок при проведении ГРП также фиксируют «акустическое» загрязнение атмосферного воздуха [51].

Воздействие на литосферу

Процесс ГРП сопровождается микроземлетрясениями в большом количестве, что может привести к возникновению землетрясений с низкой магнитудой. Исследования 2008–2009 гг. в г. Клебурне не нашли достоверных доказательств связи ГРП с ранее возникшими трёхбалльными землетрясениями. Однако в 2011 г., в Великобритании, после серии землетрясений в районе разработки газосланцевого месторождения была заморожена пробная добыча [74]. Уже в 2013 и последующих годах связь между ГРП и землетрясениями была доказана геологической службой США и Колорадским университетом в Боулдере [72]. Подземные толчки могут вызываться как в результате самих многочисленных гидроударов, так и в результате просачивания остатков воды из скважин в трещины, размытия пород и повышения их подвижности [23]. Также было установлено следующее: если величина землетрясений не превышает трёх баллов по шкале Рихтера, то ГРП не представляет существенной угрозы для различных объектов хозяйственной деятельности и природных экосистем.

Влияние технологии на ландшафт местности связан в первую очередь с нагрузками, которые вызывают необходимость размещения оборудования и техники [64]. Загрязнение почвы также может происходить за счёт протечек химикатов или жидкости обратного притока, что в дальнейшем может привести к гибели или деградации природных экосистем [12]. Воздействию при применении технологии также подвергается верхний почвенный слой: на площади в десятки гектар он теряет свою плодородность, подвергается полному уничтожению и нуждается в проведении мероприятий по рекультивации.

Воздействие на гидросферу. Воздействие на грунтовые воды

При применении технологии ГРП существует вероятность загрязнения подпочвенных вод веществами, которые могут появиться в результате горнопромышленных работ [32]. Исследования доказывают, что вблизи скважин с ГРП подпочвенные воды содержат метан в концентрациях значительно больших, чем в районах без ГРП и бурения. При этом содержание настолько превышает безопасный уровень, что возникает угроза взрывов. Кроме CH_4 , в пробах также находились другие углеводороды небиогенного происхождения.

Опасность в виде загрязнения несут и вещества, используемые при реализации технологии, в частности в жидкостях для разрыва. По данным Массачусетского технологического института [66], из более чем 40 случаев загрязнения за 2010 г. в США: 48 % возникли из-за компонентов для ГРП или сланцевого газа, 33 % — связаны с разливом загрязнённых вод, 10 % — с утечками или авариями при транспортировке, 9 % — с иными операциями.

Вблизи месторождений происходит значительное скопление объёмов отработанной воды, которая загрязнена химическими веществами. Данная вода неизбежно попадает в почву, загрязняя при этом подземные воды [32].

Воздействие на поверхностные воды

Поскольку миллионы людей используют поверхностные воды в качестве источника питьевой воды, их загрязнение может потенциально поставить под угрозу население, живущее рядом [38].

Воздействие на водоёмы можно разбить на два этапа. Первый — забор большого количества воды [36]. Данные, собранные Wilson и VanBrieson, показывают, что во время бума на гидроразрыв в 2008 г., в Пенсильвании количество добываемой воды выросло с менее чем 10 млн баррелей в 2006 г. до более чем 40 млн баррелей в 2008 и 2009 гг. [49]. Увеличение рециркуляции добываемой воды, закачка её в скважины привели к увеличению поступления соли в поверхностные воды, введению бромидов в источники питьевой воды, что является проблемой для очистных сооружений, которые были спроектированы и оптимизированы для обеззараживания озона на основе безопасного уровня бромидов в исходной воде.

Второй — воздействие через жидкости обратного притока, даже при условии предварительной очистки [47]. В 2000–2011 гг. для оценки такого воздействия на территории месторождения Marcellus были исследованы водные пробы из различных речных систем [39]. Результаты показали, что при сбросе сточных вод в речном стоке растёт концентрация хлорид-ионов (в среднем на 10–11 % с каждого предприятия), а при буровых площадках концентрация взвешенных частиц антропогенного происхождения возрастает на 5 %. Следствием первого является деградация водных экосистем и высвобождение из донных осадков фосфатов и тяжёлых металлов. Второе приводит к ухудшению доступа солнечного света и воздуха к бентосу, повышению температуры воды и снижению в ней концентрации кислорода.

Несмотря на повышенное содержание хлоридов в пробах вод, ретроспективное исследование EPA 2015 г. говорит о том, что явной связи гидроразрывов с загрязнениями поверхностных вод нет [56].

Воздействие на биосферу

Некоторые исследования показали, что быстрое развитие процесса гидроразрыва представляет значительную угрозу для поверхностных вод или потоков [27; 28]. Один из путей заражения — это физико-химические условия для макробеспозвоночных. В дополнение к разливам текучей среды гидроразрыва, фоновые возмущения, связанные с развитием гидроразрыва (например, скважины, трубопроводы и дороги), могут увеличивать растворенный органический углерод [48]. Расчистка земель, необходимых для скважин и инфраструктуры, может увеличить вероятность стока в ближайшие водные пути и увеличить нагрузку на осадочные породы [27].

В качестве биоиндикаторов загрязнений обычно используются бентические беспозвоночные из-за их высокого видового разнообразия, переменной чувствительности к загрязнению и из-за их оседлого характера по сравнению с другими более мобильными организмами, такими как рыбы [54; 68].

Для количественной оценки влияния в исследованиях использовался индекс биологической целостности (IBI) макробеспозвоночных и морфология жабр для семейства гидропсид (Diplectrona) [20]. Ширина жабр зависела от гидратности почв, а баллы IBI были значительно выше на участках без гидроразрыва и также коррелировали с pH потока. Пока результаты лишь указывают на необходимость дальнейших исследований для оценки потенциального воздействия гидроразрыва на речные экосистемы.

Воздействие на здоровье человека

Гидроразрыв связан с потенциально опасными канцерогенными соединениями, такими как бензол, ксилол и природные радиоактивные материалы [77]. При проведении работ высвобождается большое количество потенциально опасных компонентов в подземном грунте, которые в дальнейшем могут выходить на поверхность. Поскольку эти компоненты имеют тенденцию быть радиоактивными (например, изотопы радия), существует риск того, что при взаимодействии работников с ними они способствуют риску развития рака из-за концентрации нормативного значения [73].

Проблемы для здоровья человека могут возникнуть из-за попадания веществ, используемых при ГРП, в питьевую воду [26]. Это может происходить в результате разлива химических веществ, попадания в поверхностные воды, неправильно организованной процедуры очистки [63].

ГРП также может приводить к появлению в воде из артезианской скважины метана и множества примесей вредных для человека, таких как бензол, толуол, этилбензол. Более того для каждой операции гидроразрыва используется от 80 до 300 т химикатов. Как утверждают экологи, в местах проведения ГРП вода становится непригодной для питья, а люди начинают чаще болеть [14].

Процесс гидроразрыва также может способствовать развитию рака из-за загрязнения воздуха [67]. Исследования показывают, что бензол, этилбензол, ксилол и толуол являются химическими веществами, которые вносят большой вклад в риск развития неблагоприятных последствий для здоровья. Однако эффект уменьшается с увеличением расстояния от места проведения работ; для оценки профессиональных рисков необходимы дальнейшие исследования.

Рассмотренные выше виды воздействий ГРП на окружающую среду стали причиной отказа некоторых стран от применения гидроразрыва пласта на месторождениях. Франция стала первой страной, которая в 2011 г. сделала гидроразрыв пласта для сланцевых нефти и газа незаконным [59]. За ней последовала Болгария, парламент которой в 2012 г. ввёл запрет на применение ГРП [53], а в феврале 2017 г. министр Германии по охране окружающей среды Барбара Хендрикс заявила, что гидроразрыв пласта не будет играть в Германии важной роли. Им удалось добиться введения широкомасштабного запрета в интересах граждан, так как обеспечение безопасности источников питьевой воды и защита природной среды явно превыше удовлетворения экономических интересов [60].

Результаты. Влияние отдельных видов ГРП на окружающую среду

Проведённый анализ технологического и экологического аспектов ГРП свидетельствует о многогранности рассматриваемого вопроса и требует изучения влияния каждого вида ГРП на окружающую среду отдельно.

На основании проведённого анализа предложена классификация по степени влияния различных видов ГРП на экологию (табл.).

Таблица — Влияние отдельных видов ГРП на окружающую среду

Вид / сфера воздействия	Литосфера	Гидросфера	Атмосфера
Одностадийный ГРП	++	+	+
Многостадийный ГРП	+++	++	++
Кислотный ГРП	+	+++	+++

При проведении одностадийного проппантного ГРП, в отличие от кислотного ГРП, используется специальный материал (проппант), служащий для закрепления трещин, создаваемых в процессе ГРП, за счёт этого происходит распределение большего напряжения в горных породах и наблюдается лучшая устойчивость. Часть проппанта остаётся в пласте после проведения ГРП, что приводит к дополнительному загрязнению пласта. Обычно при проведении кислотного ГРП используются более токсичные реагенты, что накладывает повышенные требования безопасности и, следовательно, уменьшает вероятность разлива на поверхностном слое почв. На основании этого выдвинуто предположение о большем влиянии одностадийного ГРП на литосферу по сравнению с кислотным ГРП, а так как технология многостадийного ГРП предполагает кратное повторение операций одностадийного ГРП, эффект влияние МГРП на литосферу предполагается максимальным. При многостадийном ГРП микроземлетрясения возникают в несколько раз чаще, что также оказывает отрицательный эффект на литосферу.

В отношении гидросферы предполагается, что максимальное влияние оказывает кислотный ГРП. Это связано с использованием в процессе проведения кислотного ГРП рабочей жидкости, основой которой является соляная кислота. Данная кислота относится к высокоопасным веществам (II класс опасности) [17]. Однако технология МГРП предполагает использование большого количества рабочей жидкости на основе воды, которая берётся из близлежащих

водоёмов или водоносных пластов и при обратном притоке воды существует вероятность её загрязнения. При этом МГРП предполагает большее количество трещин с большей протяжённостью. Учитывая условия залегания пластов в Российской Федерации, делаем вывод о большой вероятности попадания трещин в нижележащие водоносные горизонты.

При проведении любого вида ГРП человеческий фактор играет большую роль, поэтому существует вероятность транспортировки и хранения рабочих жидкостей без соблюдения соответствующих норм и правил безопасности, а также их разлив на земную поверхность. В результате чего происходит испарение рабочей жидкости, а в случае кислотного ГРП, учитывая класс опасности соляной кислоты, влияние на атмосферу будет максимальным. Так как во второй главе анализировался зарубежный опыт применения ГРП на сланцевых месторождениях, то средний уровень воздействия на атмосферу присвоен МГРП. Это связано с тем, что добыча сланцевого газа сопряжена с неконтролируемыми потерями метана в атмосферу, который, в свою очередь, является парниковым газом.

Выводы

Рассмотрение вопроса о влиянии гидравлического разрыва пласта на окружающую среду требует междисциплинарного подхода и индивидуального изучения, не обременённого политическим, социальным и иным влиянием. Необходима научная оценка влияния ГРП на экологию с минимальной субъективностью.

В статье выполнен междисциплинарный анализ убеждений об экологических рисках, возникающих при проведении гидравлического разрыва пласта различной сложности. Сделаны следующие выводы:

1. С каждым годом внимание к окружающей среде растёт: инвестируются большие средства, увеличивается интерес общества к проблеме, правительства стран выдвигают данную повестку на передний план.
2. Существенный рост внимания к гидроразрыву пласта наблюдался в 2010-х гг. во времена сланцевой революции в США и с тех пор только набирает обороты.
3. Проведённый технологический анализ ГРП показал, что технологии разнообразны и неправомерно объединять все их в одно понятие при проведении экологической оценки.
4. Опубликованные исследования по экологическому влиянию ГРП на гидросферу, литосферу, атмосферу и биосферу широко раскрывают сущность проблемы лишь в рамках газовых сланцев США. Для нефтяных месторождений России вопрос экологического воздействия недостаточно изучен.
5. Проанализирован экологический аспект отдельных видов ГРП и предложена классификация по степени влияния различных видов ГРП на окружающую среду, что позволит повысить точность последующих исследований по данной тематике.

Таким образом, статья направлена на вовлечение в дискуссию экологов и нефтяников и на формирование комплексного подхода по изучению влияния гидравлического разрыва пласта на окружающую среду. Для Российской Федерации гидравлический разрыв играет важную роль, необходимо развивать технологию с учётом экологического аспекта.

Список литературы

1. Байрамов А. В., Беляев Ф. В., Миронов В. С. Инновационный метод заканчивания интеллектуальных скважин с возможностью повторного проведения ГРП // *Время Колтюбинга. Время ГРП*. 2016. № 1 (055). С. 23–30.
2. Воеводкин В. Л., Чертенков М. В. Новые технологии в компании «ЛУКОЙЛ»: от простого к сложному // *Нефтяное хозяйство*. 2017. № 3. С. 62–66.
3. Долгушин В. А. Технология ограничения водопритока в трещине гидроразрыва // *Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации)*. Тюмень: Тюменский гос. ун-т, 2014. С. 331–342.
4. Здольник С. Е., Некипелов Ю. В., Галонов М. А. Внедрение новых технологий гидроразрыва пласта на карбонатных объектах месторождений ПАО АНК «Башнефть» // *Нефтяное хозяйство*. 2016. № 7. С. 92–95.
5. Карьгина Е. А. Нефть с трудным характером // *Энергетическая политика*. 2020. № 8. С. 84–95.
6. Кремер Ч., Лесерф Б., Пеня А., Усольцев Д., Парра П., Валенсуэла А., Уоткинс Х. Раскрытие потенциала нетрадиционных коллекторов // *Нефтегазовое обозрение*. 2014–2015. Сб. 4, т. 26, № 4; 2015. Т. 27, № 1; 2015. Т. 27, № 2.
7. Литвиненко В. С., Цветков П. С., Двойников М. В., Буслаев Г. В. Барьеры реализации водородных инициатив в контексте устойчивого развития глобальной энергетики // *Записки Горного института*. 2020. Т. 244. С. 428–438. doi: 10.31897/PMI.2020.4.5.
8. Матишов Г. Г., Парада С. Г. Добыча сланцевого газа методом гидроразрыва пласта: современное состояние, риски и угрозы // *Геология и геофизика Юга России*. 2015. Т. 5, № 1. С. 42–60.
9. Паровинчак К. М. Обоснование комплексного освоения нефтегазоконденсатных месторождений Томской области. Томск, 2016. 197 с.

10. Салимов В. Г., Ибрагимов Н. Г., Насыбуллин А. В., Салимов О. В. Гидравлический разрыв карбонатных пластов. Москва: Нефтяное хозяйство, 2013. 472 с.
11. Соколова Е. С. и др. Сланцевая революция в мире: достижения и перспективы // Нефтегазовое дело. 2020. Т. 18, № 4. С. 27–39.
12. Соловьянов А. А. Экологические последствия разработки месторождений сланцевого газа. Москва: Зеленая книга, 2014. 60 с.
13. Топал А. Ю., Усманов Т. С., Зорин А. М. Применение кислотного гидроразрыва пласта на месторождениях ОАО «Удмуртнефть» // Нефтяное хозяйство. 2018. № 3. С. 34–37.
14. Федорова А. Я. Экологические проблемы, вызванные гидроразрывом пласта // Нефтегазовые технологии и новые материалы. Проблемы и решения. 2016. № 3. С. 317–323.
15. Черевко М. А., Янин А. Н., Янин К. Е. Разработка нефтяных месторождений Западной Сибири горизонтальными скважинами с многостадийными гидроразрывами пласта. Тюмень – Курган: Зауралье, 2015. 268 с.
16. Налоговый кодекс Российской Федерации. Часть вторая. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/.
17. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29.09.1988 N 3388) (ред. от 20.06.2000).
18. ГРП снова не прошёл. Б. Джонсон запретил в Великобритании фрекинг из-за невозможности точно предсказать вероятность или величину землетрясений, связанных с операциями гидроразрыва пластов. URL: <https://neftgaz.ru/news/oilcervice/504229-grp-ne-proshel-v-velikobritanii-zapreshchen-freking-informatsii-o-nevozmozhnosti-tochno-predskazat-v/>.
19. Alfred R. Jennings. Hydraulic Fracturing Applications. PE Enhanced Well Stimulation. OGC / PetroSkills, 2013. 168 p.
20. Allison K. Lutz, Christopher J. Grant. Impacts of hydraulic fracturing development on macroinvertebrate biodiversity and gill morphology of net-spinning caddisfly (Hydropsychidae, Diplectrona) in northwestern Pennsylvania, USA // Journal of Freshwater Ecology. 2016. Vol. 31 (2). P. 211–217. doi: 10.1080/02705060.2015.1082157.
21. Al-Muntasheri G. A. et al. A critical review of hydraulic fracturing fluids over the last decade // SPE Western North American and Rocky Mountain Joint Meeting. Society of Petroleum Engineers, 2014.
22. Andrews E., McCarthy J. Scale, shale, and the state: Political ecologies and legal geographies of shale gas development in Pennsylvania // Journal of Environmental Studies and Sciences. 2014. Vol. 4, № 1. P. 7–16.
23. Atkinson G. M., Eaton D. W., Ghofrani H., Walker D., Cheadle B., Schultz R., Shcherbakov R., Tiampo K., Gu J., Harrington R. M., Liu Y., van der Baan M., Kao H. Hydraulic fracturing and seismicity in the Western Canada Sedimentary Basin // Seismol. Res. Lett. 2016. Vol. 87 (3). P. 1–17.
24. Burton Jr G. A. et al. Hydraulic “fracking”: are surface water impacts an ecological concern? // Environmental Toxicology and Chemistry. 2014. Vol. 33, № 8. P. 1679–1689.
25. Cai W. B., Li Z. M., Zhang X. L. et al. Horizontal well fracturing technology for reservoirs with low permeability // Pet Explor Dev. 2009. Vol. 36 (1). P. 80–85.
26. Koløy T. R., Brække K., Sørheim T. et al. The evolution, optimization & experience of multistage frac completions in a North Sea environment // SPE annual technical conference and exhibition. Amsterdam, 2014. doi: 10.2118/170641-MS.
27. Cooley H., Donnelly K. Hydraulic fracturing and water resources: what do we know and need to know? // The World's Water /ed. P. H. Gleick. Washington: Island Press, 2014. Vol. 8. P. 63–81.
28. Entekin S., Evans-White M., Johnson B., Hagenbuch E. Rapid expansion of natural gas development poses a threat to surface waters // Front Ecol Environ. 2011. Vol. 9. P. 503–511.
29. Grant C. J., Weimer A. B., Marks N. K., Perow E. S., Oster J. M., Brubaker K. M., Trexler R. V., Solomon C. M., Lamendella R. Marcellus and mercury: assessing potential impacts of unconventional natural gas extraction on aquatic ecosystems in northwestern Pennsylvania // J Environ Sci Health, Part A. 2015. Vol. 50. P. 6–20.
30. Heikkila T. et al. Understanding a period of policy change: The case of hydraulic fracturing disclosure policy in Colorado // Review of Policy Research. 2014. Vol. 31, № 2. P. 65–87.
31. Howarth R. W., Ingraffea A., Engelder T. Should fracking stop? // Nature. 2011. Vol. 477, № 7364. P. 271–275.
32. Howarth R. W., Santoro R., Ingraffea A. Methane and the greenhouse-gas foot-print of natural gas from shale formations // Climatic Change. 2011. Vol. 106. P. 679–690. doi: 10.1007/s10584-011-0061-5.
33. Jackson R. B., Vengosh A., Carey W., Davies R. J., Darrah T. H., O'Sullivan F., Petron G. The environment costs and benefits of fracking // Annu. Rev. Environ. Resour. 2014. Vol. 39. P. 327–362.
34. Jackson R. B., Vengosh A., Darrah T. H., Warner N. R., Down A., Poreda R. J., Osborn S. G., Zhao K., Karr J. D. Increased stray gas abundance in a subset of drinking water wells near Marcellus shale gas extraction // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2013. Vol. 110 (28). P. 11250–11255.
35. Kahrilas G. A. et al. Biocides in hydraulic fracturing fluids: a critical review of their usage, mobility, degradation, and toxicity // Environmental science & technology. 2015. Vol. 49, № 1. P. 16–32.
36. Ladd A. E. Environmental disputes and opportunity-threat impacts surrounding natural gas fracking in Louisiana // Social Currents. 2014. Vol. 1, № 3. P. 293–311.
37. Laurenzi J., Jersey G. R. Life Cycle Green-house Gas Emissions and Freshwater Consumption of Marcellus Shale Gas // Environmental Science & Technology. 2013. Vol. 47 (9). P. 4896–903. doi: 10.1021/es305162w.
38. Liang F. et al. A comprehensive review on proppant technologies // Petroleum. 2016. Vol. 2, № 1. P. 26–39.

39. Mrdjen I., Lee J. High volume hydraulic fracturing operations: potential impacts on surface water and human health // *Int J Environ Health Res.* 2016. Vol. 26 (4). P. 361–380.
40. Olmstead S. M., Muehlenbachs L. A., Shih J.-S., Chu Z., Krupnick A. J. Shale gas development impacts on surface water quality in Pennsylvania // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2013. Vol. 110 (13). P. 4962–4967.
41. Omar M. A. Z., Rahman M. M. Modeling Pinpoint Multistage Fracturing with 2D Fracture Geometry for Tight Oil Sands // *Petroleum Science and Technology.* 2011. Vol. 29 (12). P. 1203–1213. doi: 10.1080/10916466.2011.555335.
42. Qingmin Meng. The impacts of fracking on the environment: A total environmental study paradigm // *Science of the Total Environment.* 2016. P. 953–957.
43. Rahman M. M., Abdulrazak M. K. A. Enhancing Oil Production from Tight Formations Under a Reverse Faulting Stress Regime by Multistage Fracturing // *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects.* 2013. Vol. 35 (23). P. 2242–2249. doi: 10.1080/15567036.2012.658138.
44. Thijs Van de Graaf, Tim Haesebrouck, Peter Debaere. Fractured politics? The comparative regulation of shale gas in Europe // *Journal of European Public Policy.* 2018. Vol. 25 (9). P. 1276–1293. doi: 10.1080/13501763.2017.1301985.
45. Vandecasteele I. et al. Impact of shale gas development on water resources: a case study in northern Poland // *Environmental Management.* 2015. Vol. 55, № 6. P. 1285–1299.
46. Van Eck N. J., Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping // *Scientometrics.* 2010. Vol. 84 (2). P. 523–538.
47. Vasi I. B. et al. “No fracking way!” Documentary film, discursive opportunity, and local opposition against hydraulic fracturing in the United States, 2010 to 2013 // *American Sociological Review.* 2015. ol. 80, № 5. P. 934–959.
48. Veil J. Trends in Flowback Water Management in Shale Gas Plays. 2012.
49. Warner N. R., Jackson R. B., Darrah T. H., Osborn S. G., Down A., Zhao K., White A., Vengosh A. From the cover: geochemical evidence for possible natural migration of Marcellus Formation brine to shallow aquifers in Pennsylvania // *Proc Natl Acad Sci USA.* 2012. Vol. 109. P. 11961–11966.
50. Wilson J. M., VanBrieson J. M. Production and Disposal of Waste Materials from Gas and Oil Extraction from the Marcellus Shale Play in Pennsylvania. 2012. doi: 10.1017/S146604661200035.
51. Xin Fan, Gensheng Li, Zhongwei Huang, Shouceng Tian, Xianzhi Song, Chen Yang. Simulation of the hydraulic isolation efficiency during multistage hydrjet fracturing // *Geosystem Engineering.* 2015. Vol. 18 (5). P. 272–283. doi: 10.1080/12269328.2015.1053539.
52. Altmann M., Bitzer K., Matra Z., Weindrof W., Zigel W. Hungarian Shale Gas Impacts on the environment and human health. An expertise for Centre for fair political analysis. Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH. 2012. URL: http://shalegas.in.ua/wp-content/uploads/2013/11/Hungarian-shale-gas_2012-12-20_final.pdf.
53. BP Statistical Review of World Energy. 2022. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>.
54. Bulgaria bans shale gas drilling with 'fracking' method. 2012. URL: <https://www.bbc.com/news/world-europe-16626580>
55. Carew M. E., Pettigrove V. J., Metzeling L., Hoffmann A. A. Environmental monitoring using next generation sequencing: rapid identification of macroinvertebrate bioindicator species. URL: <https://frontiersinzoology.biomedcentral.com/articles/10.1186/1742-9994-10-45>.
56. Environmental Impacts of Hydraulic Fracturing. Environmental Research Plan (Umweltforschungsplan) of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). URL: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4346-1.pdf>.
57. EPA's Study of Hydraulic Fracturing for Oil and Gas and Its Potential Impact on Drinking Water Resources. URL: <https://www.epa.gov/hfstudy/case-studies-epas-hydraulic-fracturing-study>.
58. Eric M. Blanton (Baker Oil Tools) | Gordon Mackenzie (Baker Oil Tools). Hydraulic Pump-Down Frac Plug and Subsequent Coiled-Tubing Removal Increases Client Efficiency in Barnett Shale Play. URL: <https://doi.org/10.2118/100139-MS>.
59. Fracking would emit large quantities of greenhouse gases. URL: <https://www.scientificamerican.com/article/fracking-would-emit-methane/#:~:text=Add%20methane%20emissions%20to%20the,environmental%20risks%20posed%20by%20fracking.&text=Molecule%20for%20molecule%2C%20methane%20traps,atmosphere%20than%20does%20carbon%20dioxide>.
60. France Upholds Ban on Hydraulic Fracturing. 2013. URL: <https://www.nytimes.com/2013/10/12/business/international/france-upholds-fracking-ban.html>.
61. Germany largely bans fracking with new laws. URL: <https://www.dw.com/en/germany-largely-bans-fracking-with-new-laws/a-37510063>.
62. Godfrey Budd. Completions technology in tough times means doing more for less. URL: http://media.ntm.s3.amazonaws.com/pdf/2015/NTM_151101TS.pdf.
63. Green F. Anti-fossil fuel norms. URL: <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2134-6>.
64. Hiriji Z. Ice hinders cleanup of yellowstone oil pipeline spill. URL: <https://insideclimate-news.org/news/20150121/ice-hinders-cleanup-yellowstone-oil-pipeline-spill>.
65. Impacts of shale gas and shale oil extraction on the environment and on human health. URL: <https://www.europarl.europa.eu/document/activities/cont/201312/20131205ATT75545/20131205ATT75545EN.pdf>.
66. MacPherson J., Flesher J. Nearly 3M gallons of brine spill. URL: <https://federalnewsnetwork.com/national-world-headlines/2015/01/nearly-3m-gallons-of-brine-spill-nd-oil-booms-largest-leak/>.
67. Massachusetts Institute of Technology. URL: <https://news.mit.edu/2011>.

68. McKenzie L. M., Witter R. Z., Newman L. S., Adegate J. L. Human health risk assessment of air emissions from development of unconventional natural gas resources. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969712001933>.
69. Merritt R. W., Cummins K. W. An introduction to the aquatic insects of North America. URL: https://www.researchgate.net/publication/49266478_An_Introduction_to_The_Aquatic_Insects_of_North_America.
70. Methane leaks of shale gas may undermine its climate benefits. URL: <https://www.csmonitor.com/Environment/Energy-Voices/2013/0623/Methane-leaks-of-shale-gas-may-undermine-its-climate-benefits>.
71. Mohamed Salah (Khalda petroleum) | Mohamed Gabry (Khalda petroleum) | Mohamed El-Sebaee (Schlumberger). Evaluation of Multistage Fracturing Stimulation Horizontal Well Completion Methods in Western Desert, Egypt. URL: <https://doi.org/10.2118/183785-MS>.
72. Monitoring and control of fugitive methane from unconventional gas operations. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291523/scho0812buwk-e-e.pdf.
73. Nakai J. S., Weingarten M., Sheehan A. F., Bilek S. L., Ge S. A Possible Causative Mechanism of Raton Basin, New Mexico and Colorado Earthquakes Using Recent Seismicity Patterns and Pore Pressure Modeling. URL: <https://doi.org/10.1002/2017JB014415>.
74. Radiation Protection. URL: <https://www.epa.gov/radiation>.
75. Sarmistha R. Majumdar, Varied Responses to Human-Induced Seismicity in the City of Azle, Texas. URL: <https://doi.org/10.1525/cse.2019.002196>.
76. Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Russia. U.S. Energy Information Administration (EIA). URL: https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/Russia_2013.pdf.
77. United States Environmental Protection Agency. URL: <https://www.epa.gov/>.
78. Wood R., Gilbert P., Sharmina M., Anderson K., Anthony Footitt A., Steven Glynn S., Fiona Nicholls F. Shale gas: a provisional assessment of climate change and environmental impacts. URL: https://www.research.manchester.ac.uk/portal/files/36728313/FULL_TEXT.PDF.

References

1. Bayramov A. V., Belyaev F. V., Mironov V. S. Innovative method of intelligent wells completion with the possibility of repeated hydraulic fracturing. *Time of Coiled Tubing. Time of hydraulic fracturing*. 2016;1(055):23–30 (In Russ.).
2. Voevodkin V. L., Chertenkov M. V. New technologies in LUKOIL: from simple to complex. *Oil Industry*. 2017;3:62–66 (In Russ.).
3. Dolgushin V. A. Technology of limiting water inflow in the fracture of hydraulic fracturing. *Geology and oil and gas content of the West Siberian megabasin (experience, innovations)*. Tyumen: Tyumen State University Press; 2014:331–342 (In Russ.).
4. Zdolnik S. E., Nekipelov Y. V., Gaponov M. A. Introduction of new technologies of hydraulic fracturing at the carbonate objects of Bashneft fields. *Oil industry*. 2016;7:92–95 (In Russ.).
5. Kargina E. A. Oil with a difficult character. *Energy Policy*. 2020;8:84–95 (In Russ.).
6. Kremer Ch., Leserf B., Peña A., Usoltsev D., Parra P., Valenzuela A., Watkins H. Unlocking the potential of unconventional reservoirs. *Oilfield Review*. 2014–2015;26(4); 2015;27(1); 2015;27(2) (In Russ.).
7. Litvinenko V. S., Tsvetkov P. S., Dvoynikov M. V., Buslaev G. V. Barriers to the implementation of hydrogen initiatives in the context of sustainable development of global energy. *Proceedings of the Mining Institute*. 2020;244:428–438. doi: 10.31897/PML.2020.4.5 (In Russ.).
8. Matishov G. G., Parada S. G. Slant Gas Production by Hydrofracturing: Current Status, Risks and Threats. *Geology and Geophysics of Southern Russia*. 2015;5(1):42–60 (In Russ.).
9. Parovinchak K. M. *Justification of complex development of oil and gas condensate fields of the Tomsk region*. Tomsk: 2016:197 (In Russ.).
10. Salimov V. G., Ibragimov N. G., Nasybullin A. V., Salimov O. V. *Hydraulic fracturing of carbonate formations*. Moscow: Oil industry; 2013:472 (In Russ.).
11. Sokolova E. S. et al. Slanse revolution in the world: achievements and prospects. *Oil and Gas Business*. 2020;18(4):27–39 (In Russ.).
12. Solovyanov A. A. *Environmental consequences of the development of shale gas fields*. Moscow: Zelenaya kniga; 2014:60 (In Russ.).
13. Topal A. Yu., Usmanov T. S., Zorin A. M. Application of acid hydraulic fracturing in the fields of Udmurtneft. *Petroleum Department*. 2018;3:34–37 (In Russ.).
14. Fedorova A. Y. Environmental problems caused by hydraulic fracturing. *Oil and Gas Technologies and New Materials. Problems and solutions*. 2016;3:317–323 (In Russ.).
15. Cherevko M. A., Yanin A. N., Yanin K. E. *Development of West Siberian oil fields by horizontal wells with multistage hydraulic fracturing*. Tyumen – Kurgan: Zauralye; 2015:268 (In Russ.).
16. *Tax Code of the Russian Federation. Part Two: from 05.08.2000 № 117-FZ (ed. from 15.10.2020)*. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/.
17. *GOST 12.1.005-88. Interstate standard. The system of labor safety standards. General hygienic requirements for working air" (approved and put into effect by Decree of USSR Gosstandart of 29.09.1988 N 3388) (ed. from 20.06.2000)* (In Russ.).
18. *Fracturing again failed to pass. B. Johnson banned fracking in the UK because of the inability to accurately predict the probability or magnitude of earthquakes associated with fracking operations*. Available at: <https://neftegaz.ru/news/oilcervice/504229-grp-ne-proshel-v-velikobritanii-zapreshchen-freking-informatsii-ono-vozmozhnosti-tochno-predskazat-v/> (In Russ.).

19. Alfred R. Jennings. *Hydraulic Fracturing Applications. PE Enhanced Well Stimulation*. OGC / PetroSkills; 2013:168.
20. Allison K. Lutz, Christopher J. Grant. Impacts of hydraulic fracturing development on macroinvertebrate biodiversity and gill morphology of net-spinning caddisfly (Hydropsychidae, Diplectrona) in northwestern Pennsylvania, USA. *Journal of Freshwater Ecology*. 2016;31(2):211–217. doi: 10.1080/02705060.2015.1082157.
21. Al-Muntasheri G. A. et al. A critical review of hydraulic fracturing fluids over the last decade. *SPE Western North American and Rocky Mountain Joint Meeting*. Society of Petroleum Engineers; 2014.
22. Andrews E., McCarthy J. Scale, shale, and the state: Political ecologies and legal geographies of shale gas development in Pennsylvania. *Journal of Environmental Studies and Sciences*. 2014;4(1):7–16.
23. Atkinson G. M., Eaton D. W., Ghofrani H., Walker D., Cheadle B., Schultz R., Shcherbakov R., Tiampo K., Gu J., Harrington R. M., Liu Y., van der Baan M., Kao, H. Hydraulic fracturing and seismicity in the Western Canada Sedimentary Basin. *Seismol. Res. Lett.* 2016;87(3):1–17.
24. Burton Jr G. A. et al. Hydraulic “fracking”: are surface water impacts an ecological concern? *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2014;33(8):1679–1689.
25. Cai W. B., Li Z. M., Zhang X. L. et al. Horizontal well fracturing technology for reservoirs with low permeability. *Pet Explor Dev*. 2009;36(1):80–5.
26. Koloy T. R., Brække K., Sørheim T. et al. The evolution, optimization & experience of multistage frac completions in a North Sea environment. *SPE annual technical conference and exhibition*. Amsterdam: 2014. doi: 10.2118/170641-MS.
27. Cooley H., Donnelly K. Hydraulic fracturing and water resources: what do we know and need to know? *The World's Water. Washington (DC)*. Ed. by P. H. Gleick. Island Press; 2014;8:63–81.
28. Entekin S., Evans-White M., Johnson B., Hagenbuch E. Rapid expansion of natural gas development poses a threat to surface waters. *Front Ecol Environ*. 2011;9:503–511.
29. Grant C. J., Weimer A. B., Marks N. K., Perow E. S., Oster J. M., Brubaker K. M., Trexler R. V., Solomon C. M., Lamendella R. Marcellus and mercury: assessing potential impacts of unconventional natural gas extraction on aquatic ecosystems in northwestern Pennsylvania. *J Environ Sci Health, Part A*. 2015;50:6–20.
30. Heikkila T. et al. Understanding a period of policy change: The case of hydraulic fracturing disclosure policy in Colorado. *Review of Policy Research*. 2014;31(2):65–87.
31. Howarth R. W., Ingraffea A., Engelder T. Should fracking stop? *Nature*. 2011;477(7364):271–275.
32. Howarth R. W., Santoro R., Ingraffea A. Methane and the greenhouse-gas foot-print of natural gas from shale formations. *Climatic Change*. doi: 10.1007/s10584-011-0061-5.
33. Jackson R. B., Vengosh A., Carey W., Davies R. J., Darrah T. H., O'Sullivan F., Petron G. The environment costs and benefits of fracking. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 2014;39:327–362.
34. Jackson R. B., Vengosh A., Darrah T. H., Warner N. R., Down A., Poreda R. J., Osborn S. G., Zhao K., Karr J. D. Increased stray gas abundance in a subset of drinking water wells near Marcellus shale gas extraction. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2013;110(28):11250–11255.
35. Kahrilas G. A. et al. Biocides in hydraulic fracturing fluids: a critical review of their usage, mobility, degradation, and toxicity. *Environmental science & technology*. 2015;49(1):16–32.
36. Ladd A. E. Environmental disputes and opportunity-threat impacts surrounding natural gas fracking in Louisiana. *Social Currents*. 2014;1(3):293–311.
37. Laurenzi J., Jersey G. R. Life Cycle Green-house Gas Emissions and Freshwater Consumption of Marcellus Shale Gas. *Environmental Science & Technology*. April 2013.
38. Liang F. et al. A comprehensive review on proppant technologies. *Petroleum*. 2016;2(1):26–39.
39. Mrdjen I., Lee J. High volume hydraulic fracturing operations: potential impacts on surface water and human health. *Int J Environ Health Res*. 2016;26(4):361–380.
40. Olmstead S. M., Muehlenbachs L. A., Shih J.-S., Chu Z., Krupnick A. J. Shale gas development impacts on surface water quality in Pennsylvania. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2013;110(13):4962–4967.
41. Omar M. A. Z., Rahman M. M. Modeling Pinpoint Multistage Fracturing with 2D Fracture Geometry for Tight Oil Sands. *Petroleum Science and Technology*. 2011;29(12):1203–1213. doi: 10.1080/10916466.2011.555335.
42. Qingmin Meng. The impacts of fracking on the environment: A total environmental study paradigm. *Science of the Total Environment*. 2016:953–957.
43. Rahman M. M., Abdulrazak M. K. A. Enhancing Oil Production from Tight Formations Under a Reverse Faulting Stress Regime by Multistage Fracturing. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 2013;35(23):2242–2249. doi: 10.1080/15567036.2012.658138.
44. Thijs Van de Graaf, Tim Haesebrouck & Peter Debaere. Fractured politics? The comparative regulation of shale gas in Europe. *J of European Public Policy*. 2018;25(9):1276–1293. doi: 10.1080/13501763.2017.1301985.
45. Vandecasteele I. et al. Impact of shale gas development on water resources: a case study in northern Poland. *Environmental Management*. 2015;55(6):1285–1299.
46. Van Eck N. J., Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*. 2010;84(2):523–538.
47. Vasi I. B. et al. “No fracking way!” Documentary film, discursive opportunity, and local opposition against hydraulic fracturing in the United States, 2010 to 2013. *American Sociological Review*. 2015;80(5):934–959.
48. Veil J. *Trends in Flowback Water Management in Shale Gas Plays*. 2012.
49. Warner N. R., Jackson R. B., Darrah T. H., Osborn S. G., Down A., Zhao K., White A., Vengosh A. From the cover: geochemical evidence for possible natural migration of Marcellus Formation brine to shallow aquifers in Pennsylvania. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2012;109:11961–11966.

50. Wilson J. M., VanBrieson J. M. *Production and Disposal of Waste Materials from Gas and Oil Extraction from the Marcellus Shale Play in Pennsylvania*. 2012. doi: 10.1017/S146604661200035.
51. Xin Fan, Gensheng Li, Zhongwei Huang, Shouceng Tian, Xianzhi Song & Chen Yang. Simulation of the hydraulic isolation efficiency during multistage hydrate fracturing. *Geosystem Engineering*. 2015;18(5):272–283. doi: 10.1080/12269328.2015.1053539.
52. Altmann M., Bitzer K., Matra Z., Weindrof W., Zigel W. *Hungarian Shale Gas Impacts on the environment and human health. An expertise for Centre for fair political analysis*. Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH. 2012. Available at: http://shalegas.in.ua/wp-content/uploads/2013/11/Hungarian-shale-gas_2012-12-20_final.pdf.
53. *BP Statistical Review of World Energy*. 2022. Available at: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>.
54. *Bulgaria bans shale gas drilling with 'fracking' method*. 2012. Available at: <https://www.bbc.com/news/world-europe-16626580>.
55. Carew M. E., Pettigrove V. J., Metzeling L., Hoffmann A. A. *Environmental monitoring using next generation sequencing: rapid identification of macroinvertebrate bioindicator species*. Available at: <https://frontiersinzoology.biomedcentral.com/articles/10.1186/1742-9994-10-45>.
56. *Environmental Impacts of Hydraulic Fracturing. Environmental Research Plan (Umweltforschungsplan) of the Federal Ministry for the Environment*. Available at: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4346-1.pdf>.
57. *EPA's Study of Hydraulic Fracturing for Oil and Gas and Its Potential Impact on Drinking Water Resources*. Available at: <https://www.epa.gov/hfstudy/case-studies-epas-hydraulic-fracturing-study>.
58. Eric M. Blanton (Baker Oil Tools) | Gordon Mackenzie (Baker Oil Tools). *Hydraulic Pump-Down Frac Plug and Subsequent Coiled-Tubing Removal Increases Client Efficiency in Barnett Shale Play*. Available at: <https://doi.org/10.2118/100139-MS>.
59. *Fracking would emit large quantities of greenhouse gases. Scientific American*. Available at: <https://www.scientificamerican.com/article/fracking-would-emit-methane/#:~:text=Add%20methane%20emissions%20to%20the,environmental%20risks%20posed%20by%20fracking.&text=Molecule%20for%20molecule%2C%20methane%20traps,atmosphere%20than%20does%20carbon%20dioxide>.
60. *France Upholds Ban on Hydraulic Fracturing*. Available at: <https://www.nytimes.com/2013/10/12/business/international/france-upholds-fracking-ban.html>.
61. *Germany largely bans fracking with new laws*. Available at: <https://www.dw.com/en/germany-largely-bans-fracking-with-new-laws/a-37510063>.
62. Godfrey Budd. *Completions technology in tough times means doing more for less*. Available at: http://media.ntm.s3.amazonaws.com/pdf/2015/NTM_151101TS.pdf.
63. Green F. *Anti-fossil fuel norms*. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2134-6>.
64. Hiriji Z. *Ice hinders cleanup of yellowstone oil pipeline spill*. Available at: <https://insideclimatenews.org/news/20150121/ice-hinders-cleanup-yellowstone-oil-pipeline-spill>.
65. *Impacts of shale gas and shale oil extraction on the environment and on human health*. Available at: <https://www.europarl.europa.eu/document/activities/cont/201312/20131205ATT75545/20131205ATT75545EN.pdf>.
66. MacPherson J., Flesher J. *Nearly 3M gallons of brine spill; ND oil boom's largest leak*. Available at: <https://federalnewsnetwork.com/national-world-headlines/2015/01/nearly-3m-gallons-of-brine-spill-nd-oil-booms-largest-leak/>.
67. *Massachusetts Institute of Technology*. Available at: <https://news.mit.edu/2011>.
68. McKenzie L. M., Witter R. Z., Newman L. S., Adegate J. L. *Human health risk assessment of air emissions from development of unconventional natural gas resources*. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969712001933>.
69. Merritt R. W., Cummins K. W. *An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque (IA): Kendall/Hunt*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/49266478_An_Introduction_to_The_Aquatic_Insects_of_North_America.
70. *Methane leaks of shale gas may undermine its climate benefits. Christian Science Monitor*. Available at: <https://www.csmonitor.com/Environment/Energy-Voices/2013/0623/Methane-leaks-of-shale-gas-may-undermine-its-climate-benefits>.
71. Mohamed Salah (Khalda petroleum) | Mohamed Gabry (Khalda petroleum) | Mohamed El-Sebaee (Schlumberger). *Evaluation of Multistage Fracturing Stimulation Horizontal Well Completion Methods in Western Desert, Egypt*. Available at: <https://doi.org/10.2118/183785-MS>.
72. *Monitoring and control of fugitive methane from unconventional gas operations, Environment Agency. Bristol*. Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291523/scho0812buwk-e-e.pdf.
73. Nakai J. S., Weingarten M., Sheehan A. F., Bilek S. L., Ge S. *A Possible Causative Mechanism of Raton Basin, New Mexico and Colorado Earthquakes Using Recent Seismicity Patterns and Pore Pressure Modeling*. Available at: <https://doi.org/10.1002/2017JB014415>.
74. *Radiation Protection*. Available at: <https://www.epa.gov/radiation>.
75. Sarmistha R. Majumdar. *Varied Responses to Human-Induced Seismicity in the City of Azle, Texas*. Available at: <https://doi.org/10.1525/cse.2019.002196>.
76. *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Russia. U.S. Energy Information Administration (EIA)*. Available at: https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/Russia_2013.pdf.
77. *United States Environmental Protection Agency*. Available at: <https://www.epa.gov/>.

78. Wood R., Gilbert P., Sharmina M., Anderson K., Anthony Footitt A., Steven Glynn S., Fiona Nicholls F. Shale gas: a provisional assessment of climate change and environmental impacts. Available at: https://www.research.manchester.ac.uk/portal/files/36728313/FULL_TEXT.PDF.

Информация об авторах

Мищенко К. П. — аспирант;
Бармин А. Н. — доктор географических наук, профессор;
Изимова А. М. — бизнес-инженер;
Симонова Е. В. — специалист по сопровождению проектов.

Information about the authors

Mishchenko K. P. — postgraduate student;
Barmin A. N. — Doctor of Sciences (Geography), Professor;
Izimova A. M. — Business Engineer;
Simonova E. V. — Project Support Specialist.

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 29.07.2023; одобрена после рецензирования 18.08.2023; принята к публикации 30.08.2023.

The article was submitted 29.07.2023; approved after reviewing 18.08.2023; accepted for publication 30.08.2023.

АННОТАЦИЯ

Сравнительные особенности размещения рудных месторождений на сопредельных территориях России и Китая в Приамурье. Особенности отличия и сходства состава и строения верхнемелового Анапского флиша и Крымского флиша таврической серии. Особенности строения и распространения среднедевонских брахиопод Оренбуржья. Гидрогеохимическая и гидродинамическая зональность триасовых нефтегазоносных структур Скифско-Туранской платформы. Гидрогеологические условия верхней гидродинамической зоны юго-западной части Прикаспия. Плотность распределения грозовых разрядов по Северо-Кавказскому федеральному округу. К развитию целинного пространства: факторы, закономерности, контрасты, осцилляция. Оценка состояния лесных экосистем Кабардино-Балкарской Республики. Уязвимость социальных систем к изменению климата: содержание и методология оценки. Характеристика отложений приозёрного вала в пещере Баскунчакская. Новые аспекты в биологическом исследовании и идентификация плесневых грибов. Рекреационная оценка родников. Геоэкологическая безопасность водоносного нижнеказанского комплекса на территории города Казани. Шумовое загрязнение окружающей среды жилого микрорайона Ямальский-2 в городе Тюмени по результатам сезонного мониторинга. Геоэкологическая оценка оползневой опасности автомобильной дороги в районе Южного склона Главного Кавказского хребта. Методы и специфика проведения инженерно-геологических изысканий на комплексных линейных сооружениях в пределах Астраханской области. Анализ экологических рисков, возникающих при проведении различных видов гидравлического разрыва пласта.

Материалы представляют интерес для студентов и аспирантов, обучающихся по направлениям Науки о Земле, для преподавателей вузов, а также для работников производственных организаций топливно-энергетического комплекса, экологического направления, геологоразведочных предприятий.

ABSTRACT

Comparative features of the location of ore deposits in the adjacent territories of Russia and China in the Amur region. Features of differences and similarities in the composition and structure of the Upper Cretaceous Anapa flysch and the Crimean flysch of the Tauride series. Features of the structure and distribution of the Middle Devonian brachiopods of Orenburg region. Hydrogeochemical and hydrodynamic zonality of Triassic oil and gas bearing structures of the Scythian-Turanian platform. Hydrogeological conditions of the upper hydrodynamic zone of the southwestern part of the Caspian Sea. Lightning distribution density in the North Caucasus federal district. On the virgin land space development: factors, regularities, contrasts, oscillation. Assessment of the state of forest ecosystems in the Kabardino-Balkarian Republic. Vulnerability of social systems to climate change: content and methodology of the assessment. Characteristics of the deposits of the lake shaft in the Baskunchak cave. New aspects in biological research and identification of mold fungi. Recreational assessment of springs. Geoecological safety of the water-bearing lower Kazanian complex in the territory of the city of Kazan. Noise pollution of the environment of the residential neighborhood Yamalsky-2 in the city of Tyumen according to the results of seasonal monitoring. Geoecological assessment of the landslide hazard of a highway in the area of the southern slope of the Main Caucasian Range. Methods and specifics of geotechnical surveys at complex linear structures within the Astrakhan region. Analysis of environmental risks arising from various types of hydraulic fracturing.

The materials are of interest to undergraduate and graduate students studying in the areas of Earth sciences for academics, as well as for employees of industrial organizations of the fuel and energy sector, environmental trends, exploration companies.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА

Уважаемые авторы!

Журнал «Геология, география и глобальная энергия» публикует результаты научных исследований российских и зарубежных авторов на русском языке.

Редакция принимает статьи, соответствующие тематике журнала и нижеизложенным требованиям. Присылаемые рукописи должны быть актуальными, обладать научно-практической значимостью и новизной.

Приоритетными для редакции являются научные материалы по отраслям ВАКа:

- 25.00.01 — Общая и региональная геология (геолого-минералогические науки);
- 1.6.6 — Гидрогеология (геолого-минералогические науки);
- 1.6.12 — Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки);
- 1.6.15 — Землеустройство, кадастр и мониторинг земель (географические науки);
- 1.6.17 — Океанология (геолого-минералогические науки);
- 1.6.21 — Геоэкология (географические науки);
- 1.6.21 — Геоэкология (геолого-минералогические науки).

Помимо публикации научных статей по указанным направлениям, в журнале существует рубрика «История науки», в которой публикуются статьи, освещающие различные аспекты истории, связанные с науками о Земле.

Две статьи самостоятельно одного и того же автора не могут быть опубликованы в одном выпуске журнала.

Обязательным для авторов является выполнение Публикационной этики журнала.

Принимаются статьи, снабженные следующими необходимыми компонентами:

1. Текст статьи.
2. Аннотация и ключевые слова (в том же файле, где текст на русском и английском языках).
3. Список литературы (в том же файле, где текст на русском и английском языках).
4. Сведения об авторах.
5. Экспертное заключение о возможности опубликования.
6. Справка проверки статьи на антиплагиат.

Требования к оформлению необходимых компонентов:

1. Текст статьи на русском языке. Статьи принимаются на электронную почту редакции Geologi2007@yandex.ru. Не допускается направление в редакцию статей, уже публиковавшихся или посланных на публикацию в другие журналы. Необходимо указывать номер УДК.

2. Аннотация и ключевые слова. Объем аннотации не должен превышать 250 слов, ключевых слов должно быть не менее 5 и не более 15 слов (словосочетаний). Их приводят, предваряя словами «Ключевые слова:» ("Keywords:"), и отделяют друг от друга запятыми. После ключевых слов точку не ставят. По аннотации читатель должен определить, стоит ли обращаться к полному тексту статьи для получения более подробной, интересующей его информации.

В аннотации должны быть по пунктам прописаны:

- актуальность работы;
- цель работы;
- метод или методология проведения работы;
- результаты работы и область их применения;
- выводы.

Перевод аннотации, ключевых слов и списка литературы на английский язык осуществляется авторами качественным переводом. Перевод с помощью электронных переводчиков не рекомендуется.

3. Список литературы располагают после информации об авторах и их вкладе с предшествующими словами «Список литературы» на русском и английском языках. Использование названия «Библиографический список» и «Библиография» не рекомендуется. Ссылки на источники должны идти в тексте по порядку – 1, 2, 3. В тексте ссылки заключаются в квадратные скобки. Количество ссылок в тексте должно соответствовать количеству источников литературы в библиографическом списке. Упоминания ГОСТ, СНИП, правил безопасности, нормативных, законодательных и других документов, а также ссылок на неофициальные источники в Интернет рекомендуется приводить в тексте статьи или в сносках, не вынося в список литературы. Список литературы должен содержать современные зарубежные статьи (не старше 5 лет издания). Список литературы должен содержать не менее 15 источников, из которых должно быть не более

двух собственных работ автора. Наличие в списке литературы учебников без грифа Минобрнауки РФ и его подразделений, учебных и методических пособий, указаний по курсовому и дипломному проектированию, производственных и научных отчетов, выпускных квалификационных работ, конспектов лекций для студентов не допускается. В списке литературы обязательно наличие не менее 1/3 источников, опубликованных в изданиях, индексирующихся в базе Scopus.

Индекс УДК помещают в начале статьи на отдельной строке слева.

DOI статьи приводят по ГОСТ Р ИСО 26324 и располагают после индекса УДК отдельной строкой слева. В конце DOI точку не ставят. Допустимо приводить DOI в форме электронного адреса в сети «Интернет».

Пример оформления:

Научная статья
УДК 627.1
doi 10.54398/20776322_2023_2_9

При оформлении списка литературы у ВСЕС 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. *Amerikanskij mineralog = American Mineralogist*, 2011. Vol. 96.:895–913. <https://doi.org/10.2138/am.2011.3636>. Ссылки должны быть работающими!

В статье печатного издания при наличии её идентичной электронной версии указывают DOI или электронный адрес статьи в сети «Интернет».

4. Сведения об авторах. Необходимо указать на русском языке ФИО, должность, ученую степень и звание, место работы (учебы) с указанием полного почтового адреса, а также контактный e-mail, контактный телефон и номер ORCID ID (аккаунт ORCID обязательно должен содержать информацию о месте работы автора и актуализированный перечень публикаций – все это на английском языке, в случае отсутствия перевода – транслитерацией).

5. Экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати.

Авторы могут получить экспертное заключение в организации или вузе по месту работы или учебы и отправить скан-копию заключения на электронную почту редакции.

Плата за публикацию аспирантов не взимается.

Оформление статей

1. Редактор — Microsoft Word, гарнитура — Minion Pro, в случае её отсутствия — Times New Roman. Поля документа: левое — 2 см, остальные — 1,5 см. Кегль 10, одинарный интервал. Абзацный отступ 0,75. Страницы нумеруются. Не допускаются пробелы между абзацами.

2. В тексте допускаются только общепринятые сокращения слов. Все сокращения в тексте, рисунках, таблицах должны быть расшифрованы.

3. Формулы должны быть набраны в редакторе Microsoft Equation и пронумерованы, если в тексте имеются ссылки на них. При наборе формул и текста латинские буквы выделяют курсивом, а русские, греческие и цифры — прямым шрифтом. Кегль шрифта в формулах должен совпадать с кеглем шрифта основного текста. Тригонометрические знаки (sin, cos, tg, arcsin и т. д.), знаки гиперболических функций (sh, ch, th, cth и т. д.), обозначения химических элементов (Al, Cu, Na и т. д.), некоторые математические термины (lim, 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 подрисуночных подписях. Ксерокопии и сканированные ксерокопии фотографий не принимаются. Рисунки с нечитаемыми или плохо читаемыми надписями, с подписями «от руки», слишком тонкими линиями не принимаются.

Подрисуночная подпись должна быть набрана 8 кеглем, основной текст в таблице — 8 кеглем, шапка таблицы — 8 кеглем. Гарнитура текста в рисунках и таблицах — Arial, кегль 8.

Примеры оформления списка литературы

Монографии

Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Москва: Мир, 2020. 280 с.

Статьи в периодических изданиях

Абатурова И. В., Грязнов О. Н. Инженерно-геологические условия месторождений Урала в скальных массивах // Изв. вузов. Горный журнал. 2018. № 6. С. 160–168.

Авторефераты диссертации

Овечкина О. Н. Оценка и прогноз изменения состояния геологической среды при техногенном воздействии зданий высотной конструкции в пределах города Екатеринбурга: автореф. ... дис. канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург : УГГУ, 2018. 24 с.

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. Рекомендуются авторам расширять список литературы 15 источников с обязательным использованием современных зарубежных публикаций. Исключения возможны, но они должны быть обоснованными.

Doi. Помимо присваиваемого каждой статье номера УДК, начиная со второго номера нынешнего года (№ 2 (81), 2021) каждой статье в обязательном порядке присваивается номер doi.

Doi (*англ.* Digital object identifier) – классификатор цифрового объекта для создания постоянных гиперссылок, которые позволяют сохранять информацию о конкретной статье в сети Интернет, даже если изменилась структура сайта, где эта статья изначально была сохранена. Номер doi позволяет научной статье гарантированно открываться и быть доступной для поиска в сети. Что совершенно необходимо для того, чтобы статья могла цитироваться с помощью Интернета, не затрудняя авторов поисками ее в библиотеках и архивах.

Doi обязательно указывается при цитировании статьи. В журнале doi сейчас присваивается каждой вновь вышедшей статье.

Качество перевода. Если вы не уверены в своем переводе, лучше обратитесь за помощью к специалистам.

Качество рисунков. Рисунок должен оставаться качественным при увеличении. Не забывайте о том, что статья будет опубликована не только в бумажной, но и в электронной версии.

Качество текстов. При рассмотрении рукописи авторитет и заслуги автора статьи во внимание не принимаются – только качество присланного текста.

Очередь. Сроки публикации зависят от количества (и качества) статей, предложенных редакции. Статьи публикуются в порядке очередности, однако редакция оставляет за собой право печатать вне очереди те из них, которые считает наиболее значимыми.

Реквизиты для оплаты публикаций:

Наименование получателя: УФК по Астраханской области
(ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет») л/с 20256Ц14780)

ИНН 3016009269

КПП 301601001

Банк: Отделение Астрахань Банка России // УФК по Астраханской области

г. Астрахань

Единый казначейский счёт

№ 40102810445370000017

Казначейский счёт
№ 03214643000000012500
код ОКТМО 12701000
код ОГРН 1023000818554
БИК 011203901
Лицевой счет 20256Ц14780

Обязательно указывать назначение платежа: размещение статьи, Ф.И.О. автора, название и номер журнала, название статьи. К статье прикладывается чек-ордер оплаты.

Статьи направлять по адресу:
414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Бармину Александру Николаевичу, тел. 8 (8512) 24-66-47, 8-927-551-41-70 (моб.)
Электронный адрес редколлегии журнала: geologi2007@yandex.ru

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Зерновое хозяйство России. 2021. № 2. С. 27–33.
Grain Farming in Russia. 2020;(2):27–33.

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Научная статья
УДК 633.15:631.521(470.61)
<http://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-68-2-27-33>

Анализ сортовой структуры кукурузы, возделываемой на зерно в Ростовской области

Леонид Сергеевич Лунин
Аграрный научный центр «Донской», Ростовская область, Новочеркасск, Россия,
Lunin_ls@yandex.ru

Аннотация. В статье представлена динамика урожайности зерна кукурузы в России и в Ростовская области. Определено, что наибольшее количество гибридов кукурузы возделывалось в 2018 г. из числа внесенных в Госреестр РФ за период с 2009 по 2013 г. (52 шт.).

Ключевые слова: кукуруза, урожайность, сортосемена, сортовая структура

Для цитирования: Лунин Л. С. Анализ сортовой структуры кукурузы, возделываемой на зерно в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2. С. 27–33. <http://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-68-2-27-33>.

PROBLEMS AND SOLUTIONS

Original article

The Analysis of the varietal structure of corn cultivated for grain in the Rostov region

Leonid S. Lunin
Agricultural Research Center "Donskoy", Rostov region, Novocherkassk, Russia
Lunin_ls@yandex.ru

Abstract. The article presents the dynamics of corn grain yield in Russia and in the Rostov region. It was determined that the largest number of corn hybrids were cultivated in 2018 from among those included in the State Register of the Russian Federation for the period from 2009 to 2013 (52 pcs.).

Keywords: corn, yield, varietal change, varietal structure

For citation: Lunin L. S. Analysis of the varietal structure of corn cultivated for grain in the Rostov region. *Grain Farming of Russia*. 2020;2:27–33. <http://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-68-2-27-33> (In Russ.).

ТЕКСТ СТАТЬИ (на русском языке)

Информация об авторах

Лунин Л. С. – кандидат биологических наук, доцент.

Information about the authors

Lunin L. S. – Candidate of Sciences (Biological), Associate Professor.

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

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

Список литературы

1. Бальшева О. Л. Материалы для акустоэлектронных устройств. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный ун-т аэрокосмического приборостроения, 2005. 50 с.
2. Auld B. A. Acoustic Fields and Waves in Solids. New York: John Wiley & Sons, 1973. 300 p.

References

1. Balysheva O. L. Works for akustoelektronny devices. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation Publ.; 2005:50.
2. Auld B. A. Acoustic Fields and Waves in Solids. New York: John Wiley & Sons Publ., 1973:300.

Статья поступила в редакцию 15.11.2021; одобрена после рецензирования 17.11.2021; принята к публикации 20.11.2021.

The article was submitted 15.11.2021; approved after reviewing 17.11.2021; accepted for publication 20.11.2021.

RULES FOR THE AUTHORS OF THE JOURNAL

The journal publishes the theoretical, review (of problem nature) and experimental and research articles on geology, geography, history of formation of these sciences, short reports and information on the new methods of experimental researches, and also the works covering the up-to-date technologies of prospecting and developing minerals etc.

The journal publishes the information on jubilee dates, new publications of the University Publishing House on geology and geography, the information on forthcoming and held scientific conferences, symposiums, congresses.

The journal publishes the materials not been published earlier in other periodical editions.

The journal "Geology, Geography and Global Energy" is included in the List of the conducting reviewed scientific journals and editions in which the main scientific results of theses on competition of an academic degree of the doctor and candidate of science have to be published on the field of science 25.00.00 "Earth Science".

Publication frequency is 4 times a year. The volume of publications: review articles — up to 1 printed sheets (16 pages), original articles — up to 0,5 printed sheets (8–10 pages), information on jubilee dates, conferences etc. — up to 0,2 printed sheets.

Article design. Editor Word Windows, type Times New Roman, 14, interlinear interval — 1, paper format A4; margins: left one — 2,5 cm, right one — 2,5 cm, upper and lower ones — 2,5 cm, break line — 1,27 cm, pagination is overhead to the right.

The dimension of all units of measurement is in the size of SI; the names of chemical compounds are in accordance with the IUPAC recommendation.

Tables. Type Times New Roman, 10. The table width is 13 cm, a book turn. In the right corner there is word "Table" with serial number, through an interval — the title of the table (bold one, on centre, 10).

Formulae. Superlinear and interlinear indices — type Times New Roman, 11; mathematical symbols — type Times New Roman, 18; letters of the Greek alphabet — type Times New Roman, 14. The formulae should be typed without indentation from the left edge.

Photos, figures, diagrams, graphs, schemes are only black-and-white. The width of photos, figures, diagrams, graphs, schemes is no more than 13 cm.

We ask to send to the address of the editorial board: electronic and printed text of the article; enclose with the article the accompanying letter of the author's supervisor with indication of full names, patronymic names and last names of the authors, scientific rank, post, names of chair, institution and also e-mail, contact phone numbers.

Send the articles to e-mail: geologi2007@yandex.ru.

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ

1. Поступающая в редакцию статья рассматривается на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению и регистрируется с присвоением ей индивидуального номера. Редакция в течение трёх дней уведомляет авторов о получении рукописи статьи. Рукописи, оформленные не должным образом, не рассматриваются.

2. Рукописи всех статей, поступивших в редакцию журнала, подлежат обязательному рецензированию. К рецензированию привлекаются ученые, доктора наук, обладающие неоспоримым авторитетом в сфере научных знаний, которой соответствует рукопись статьи. Рецензентом не имеет права быть автор (или один из авторов) рецензируемой статьи. Рецензенты информируются о том, что рукописи статей являются частной собственностью их авторов и представляют собой сведения, исключающие их разглашение и копирование.

3. В случаях, когда редакция журнала не располагает возможностью привлечь к рецензированию эксперта подходящего уровня в сфере знаний, к которой имеет отношение рукопись, редакция обращается к автору с просьбой предоставить внешнюю рецензию. Внешняя рецензия предоставляется при подаче статьи (что, тем не менее, не исключает принятый порядок рецензирования). Рецензии обсуждаются редколлегией, являясь причиной для принятия или отклонения рукописей. Рукопись, адресуемая в редакцию, также может сопровождаться письмом из направляющей организации за подписью ее руководителя.

4. Рецензия должна беспристрастно давать оценку рукописи статьи и заключать в себе исчерпывающий разбор ее научных достоинств и недостатков. Рецензия составляется по предлагаемой редакцией форме или в произвольном виде и должна освещать следующие моменты: научную ценность результатов исследования, актуальность методов исследования и статистической обработки данных, уровень изучения научных источников по теме, соответствие объема рукописи статьи в общем и отдельных ее элементов в частности, т. е. текста, таблиц, иллюстраций, библиотечных ссылок. В завершающей части рецензии необходимо изложить аргументированные и конструктивные выводы о рукописи и дать ясную рекомендацию о необходимости либо публикации в журнале, либо переработки статьи (с перечислением допущенных автором неточностей и ошибок).

5. Если в рецензии на статью сделан вывод о необходимости ее доработки, то она направляется автору на доработку вместе с копией рецензии. При несогласии автора с выводами рецензента, автор вправе обратиться в редакцию с просьбой о повторном рецензировании или отозвать статью (в этом случае делается запись в журнале регистрации). Тогда новой датой поступления в редакцию журнала доработанной статьи считается дата ее возвращения. Доработанная статья направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту. Редакция журнала оставляет за собой право отклонения рукописи статьи в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания рецензента.

6. Срок рецензирования между датами поступления рукописи статьи в редакцию и вынесения редколлегией решения в каждом отдельном случае определяется ответственным секретарем с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статьи, но не более 2-х месяцев со дня получения рукописи.

7. Рецензии на статьи предоставляются редакцией экспертным советам в ВАК по их запросам.

8. Редакция журнала не сохраняет рукописи статей, не принятые к публикации. Рукописи статей не возвращаются.

9. Редакция журнала не несет ответственности на достоверность информации

Главный редактор: Бармин А. Н.

ORDER OF REVIEWING

1. The article submitted to the editorial staff is considered for conformity with the Journal profile, the requirements for execution and is registered with the assignment the individual number to it. The editorial staff informs the authors of the receipt of the manuscript within 3 days. The manuscripts which are not formalized properly are not considered.
2. The manuscripts of all articles received by the editorial staff are subject to obligatory reviewing. The scientists, doctors of science who has an indisputable authority in the sphere of scientific knowledge, to which the manuscript corresponds, are engaged in reviewing. The author (or one of the authors) of the reviewing article has no right to be a reviewer. The reviewers are informed that the article manuscripts are a private property of their authors and represent the information not subject to disclosure and copying.
3. In cases when the editorial staff of the journal does not have the opportunity to bring to reviewing the expert of the corresponding level in the field of knowledge, to which the manuscript relates, the editorial staff appeals to the author to provide an external review. The external review is available when submitting the article (that, nevertheless, does not exclude the accepted order of reviewing). Being the reason for receipt or rejection of the manuscripts the reviews are discussed by the editorial board. The manuscript, addressed to the editorial staff, may be accompanied by a letter from the directing organization which is signed by its leader.
4. The review should impartially evaluate the manuscript and encompass an exhaustive analysis of its scientific merits and demerits. The review is compiled according to the form proposed by the editors or in any form and should cover the following points: the scientific value of the research results, the relevance of research methods and statistical data processing, the level of study of scientific literature on the subject, the accordance of the volume of the manuscript in general and its separate elements in particular that is the text, tables, illustrations, library references. In the final part of the review it is necessary to state the reasoned and constructive conclusions about the manuscript and give a clear recommendation on the need of publication in the journal or processing the article (listing the inaccuracies and errors admitted by the author).
5. If in a review article concluded the need for its revision, it is sent to the author for revision together with a copy of the review. In case of disagreement with the conclusions of the author of the reviewer, the author is entitled to apply to the editor with a request to reconsider or withdraw the paper reviewing (in this case, an entry is made in the log). Then the new date of admission to the journal articles modified is the date of her return. Modified article is sent for re-reviewing the same reviewer. Editorial Board reserves the right to reject the manuscript in case of inability or unwillingness to accommodate the wishes of the author of the reviewer.
6. Review period between the date of receipt of the manuscript to the editor and the editorial board of rendering decisions in each case determined by the executive secretary with the creation of conditions for the most rapid publication of articles, but not more than 2 months from the date of receipt of the manuscript.
7. Reviews of articles edited by expert advice provided in the WAC at their request.
8. Editorial Board does not keep the manuscript papers not accepted for publication. Manuscripts will not be returned.
9. Editorial Board is not responsible for the accuracy of the information.

Editor-in-Chief A. N. Barmin

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2023. № 3 (90)

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» 2022/1

**Главный редактор —
доктор географических наук А. Н. Бармин
Ответственный секретарь — Д. А. Бычкова**

Компьютерная правка,
вёрстка Ж. О. Калниязовой

Редактирование С. Н. Лычагиной

Дата выхода в свет: 13.02.2024 г.

Цена свободная
Заказ № 4557. Тираж 500 экз. (первый завод – 22 экз.)
Уч.-изд. л. 12,0. Усл. печ. л. 18,5

Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а
тел. (8512) 24-66-60 (доп. 3, издательско полиграфический отдел)
E-mail: asupress@yandex.ru

Отпечатано в Астраханской цифровой типографии
414040, г. Астрахань, пл. К. Маркса, 33
тел./факс (8512) 54-00-11, 73-40-40,
E-mail: a-d-t@mail.ru