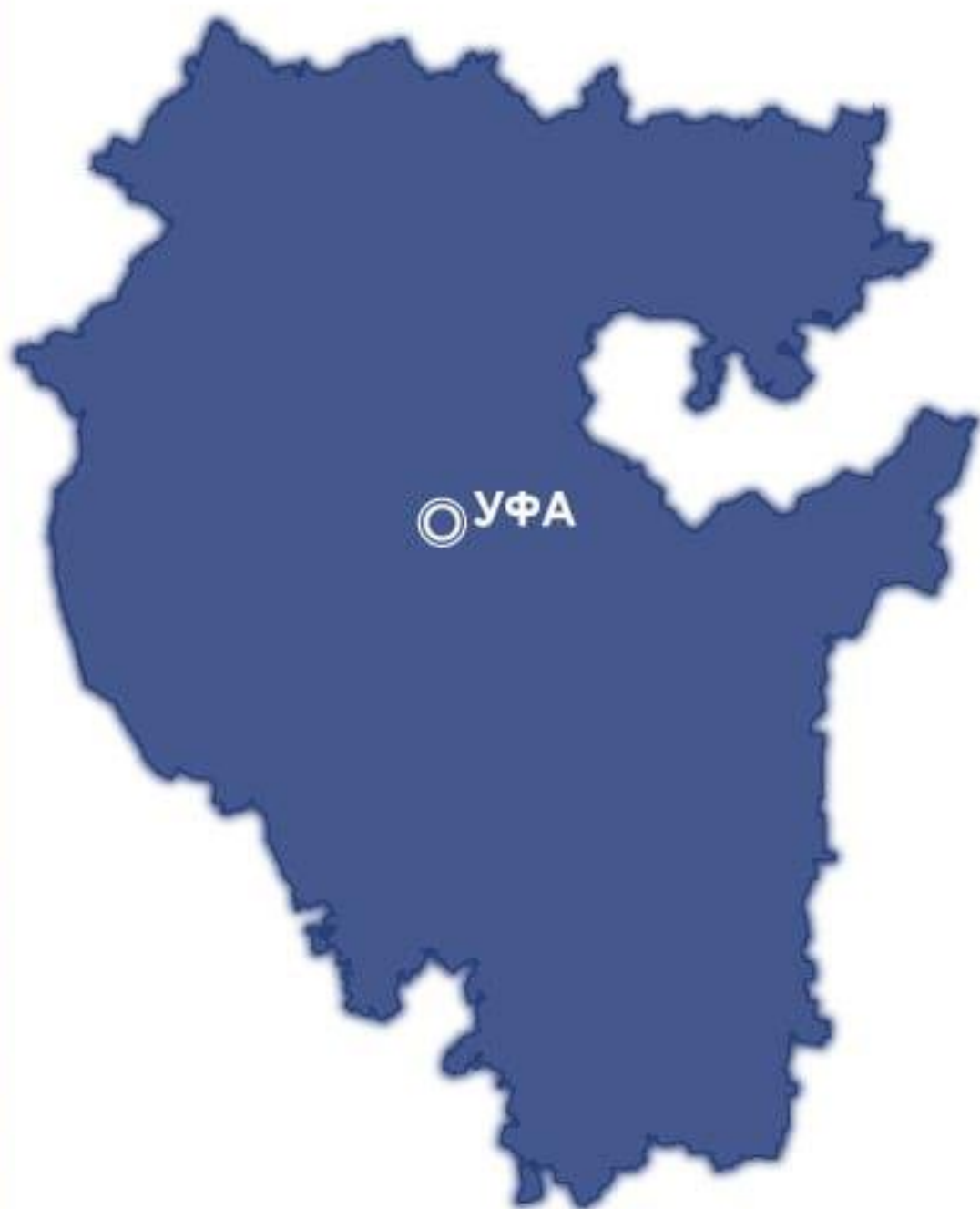


ГЕОЛОГИЯ

**АКАДЕМИЯ НАУК
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**



**Известия Отделения наук
о Земле и природных ресурсов**

Сетевое издание
Учредитель и издатель:
Государственное бюджетное научное
учреждение
«Академия наук
Республики Башкортостан»

Online edition
Founder and Publisher:
State budgetary scientific institution
"Academy of Sciences
Republic of Bashkortostan"

**Геология. Известия
Отделения наук о Земле
и природных ресурсов**

**Geology. Proceedings
of the Department
of Earth Sciences
and Natural Resources**

16+

№ 2 (39), 2025
ЭЛ № ФС 77 – 85908 от 18.09.2023
Роскомнадзор (г.Москва)
ISSN 2949-4052
DOI 10.24412/2949-4052-2025-2

16+

№ 2 (39), 2025
EL No. FS 77 – 85908 dated 09/18/2023
Roskomnadzor (Moscow)
ISSN 2949-4052
DOI 10.24412/2949-4052-2025-2

**Уфа
2025**

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

ВАЛИУЛЛИН Рим Абдуллович, академик-секретарь Отделения наук о Земле и нефтегазовых технологий, Государственное бюджетное научное учреждение «Академия наук Республики Башкортостан», академик Академии наук Республики Башкортостан; заведующий кафедрой геофизики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», доктор технических наук, профессор, г. Уфа, Российская Федерация

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

КУЗНЕЦОВА Альфия Рашитовна, доктор экономических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» г. Уфа, Российская Федерация

МАСАГУТОВ Рим Хакимович, член-корреспондент Академии наук Республики Башкортостан, Государственное бюджетное научное учреждение «Академия наук Республики Башкортостан», доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный геолог Российской Федерации, заслуженный геолог Республики Башкортостан, г. Уфа, Российская Федерация

САВЕЛЬЕВ Дмитрий Евгеньевич, Главный научный сотрудник, Институт геологии ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской Академии наук», доктор геолого-минералогических наук, г. Уфа, Российская Федерация

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

АНДРЕЕВ Вадим Евгеньевич

Член-корреспондент Академии наук Республики Башкортостан, Государственное бюджетное научное учреждение «Академия наук Республики Башкортостан», доктор технических наук, профессор, г. Уфа, Российская Федерация

БЕЛОГУБ Елена Витальевна

Заместитель директора по научной работе, ФГБУН «Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии Уральского отделения Российской Академии наук», доктор геолого-минералогических наук, доцент, г. Миасс, Челябинская область, Российская Федерация

БРУСНИЦЫН Алексей Ильич

Заведующий кафедрой минералогии, Институт наук о Земле ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», доктор геолого-минералогических наук, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

ВИКЕНТЬЕВ Илья Владимирович

Главный научный сотрудник, Институт геологии рудных месторождений, минералогии, петрографии и геохимии Российской академии наук, доктор геолого-минералогических наук, г. Москва, Российская Федерация

ЗНАМЕНСКИЙ Сергей Евгеньевич

Заведующий лабораторией палеовулканологии и металлогении, Институт геологии ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской Академии наук», доктор геолого-минералогических наук, г. Уфа, Российская Федерация

ИБЛАМИНОВ Рустем Гильбрахманович

Профессор ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», доктор геолого-минералогических наук, доцент, г. Пермь, Российская Федерация

КАЗАНЦЕВА Тамара Тимофеевна	Академик Академии наук Республики Башкортостан, Государственное бюджетное научное учреждение «Академия наук Республики Башкортостан»; главный научный сотрудник, Институт геологии ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской Академии наук», доктор геолого-минералогических наук, г. Уфа, Российская Федерация
КИСИН Александр Юрьевич	Заведующий лабораторией геохимии и рудообразующих процессов, Институт геологии и геохимии им.акад. А.Н. Заварицкого, Уральское отделение Российской Академии наук, доктор геолого-минералогических наук, г. Екатеринбург, Российская Федерация
КИСЛОВ Евгений Владимирович	Ведущий научный сотрудник ФГБУН Геологический институт им. Н.Л. Дobreцова Сибирского отделения Российской академии наук, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, г. Улан-Удэ, Российская Федерация
КНЕЛЛЕР Леонид Ефимович	Профессор кафедры разведки и разработки нефтяных и газовых скважин, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (филиал в г. Октябрьский), научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт геофизических исследований геологоразведочных скважин (г. Октябрьский), доктор технических наук, профессор, г. Октябрьский, Российская Федерация
КОВАЛЕВ Сергей Григорьевич	Директор Института геологии ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской Академии наук», доктор геолого-минералогических наук, г. Уфа, Российская Федерация
КОТЕНЕВ Юрий Алексеевич	Заведующий кафедрой «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», доктор технических наук, профессор, г. Уфа, Российская Федерация
ЛОБАНКОВ Валерий Михайлович	Профессор кафедры «Геофизические методы исследований», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», доктор технических наук, профессор, г. Уфа, Российская Федерация
МУСТАФИН Сабир Кабирович	Профессор кафедры геологии, гидрометеорологии и геоэкологии, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», доктор геолого-минералогических наук, профессор, г. Уфа, Российская Федерация
ПОПКОВ Василий Иванович	Профессор кафедры нефтяной геологии, гидрогеологии и геотехники, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», доктор геолого-минералогических наук, профессор, г. Краснодар, Российская Федерация
ПУЧКОВ Виктор Николаевич	Член-корреспондент Российской Академии наук, главный научный сотрудник Институт геологии и геохимии им.акад. А.Н. Заварицкого, Уральское отделение Российской Академии наук, доктор геолого-минералогических наук, г. Екатеринбург, Российская Федерация
ПРИЩЕПА Олег Михайлович	Заведующий кафедрой геологии нефти и газа, ФГБОУ ВО «Санкт-петербургский горный университет», доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

- САВЕЛЬЕВ**
Виктор Алексеевич Заведующий кафедрой геологии нефти и газа, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», доктор геолого-минералогических наук, профессор, г. Ижевск, Российская Федерация
- СНАЧЕВ**
Александр Владимирович Ведущий научный сотрудник, Институт геологии ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской Академии наук», кандидат геолого-минералогических наук, г. Уфа, Российская Федерация
- УСПЕНСКИЙ**
Борис Вадимович Заведующий кафедрой геологии нефти, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», доктор геолого-минералогических наук, профессор, г. Казань, Российская Федерация
- ЧАЙКОВСКИЙ**
Илья Иванович Заведующий лабораторией геологии месторождений полезных ископаемых, ФГБНУ «Горный институт» Уральского отделения Российской академии наук, доктор геолого-минералогических наук, г. Пермь, Российская Федерация
- ЧЕРНЫШОВ**
Алексей Иванович Заведующий кафедрой петрографии Геолого-географического факультета, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», доктор геолого-минералогических наук, профессор, г. Томск, Российская Федерация
- ШУМИЛОВ**
Александр Владимирович Профессор кафедры геофизики, ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», доктор технических наук, доцент, г. Пермь, Российская Федерация.
- МЕЖДУНАРОДНАЯ РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**
- АЖГАЛИЕВ**
Дулат Калимович Руководитель научного центра по геологии, геофизике и геохимии, Некоммерческое акционерное общество «Атырауский университет нефти и газа им.Сафи Утебаева», доктор геолого-минералогических наук, доцент, г. Атырау, Республика Казахстан
- ЖОЛТАЕВ**
Герой Жолтаевич Директор ТОО «Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева», доктор геолого-минералогических наук, профессор, г. Алматы, Казахстан

Журнал выходит 4 раза в год.

Учредитель, редакция и издатель: Государственное бюджетное научное учреждение «Академия наук Республики Башкортостан».

Адрес учредителя, редакции и издателя:

450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Кирова, д. 15.

Тел./Факс: +7 (347) 276-40-77.

Электронная почта: geology-akademia@yandex.ru

© Государственное бюджетное научное учреждение «Академия наук Республики Башкортостан», 2025

∞ ∞ ∞

Научные специальности, по которым публикуются статьи в сетевом издании

«Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов»

- 1.6.1 Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика
- 1.6.3 Петрология, вулканология
- 1.6.4 Минералогия, кристаллография. Геохимия. Геохимические методы поисков полезных ископаемых.
- 1.6.6 Гидрогеология
- 1.6.9 Геофизика
- 1.6.10 Геология, поиск, разведка твердых полезных ископаемых, минерагения
- 1.6.11 Геология, поиск, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений
- 1.6.21 Геоэкология
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.4 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

THE EDITORIAL BOARD OF THE REVIEWED SCIENTIFIC PUBLICATION

Editor-in-Chief: **VALIULLIN** Rim Abdullovich, Academician-Secretary of the Department of Earth Sciences and Oil and Gas Technologies, State budgetary scientific institution "Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan", Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan; Head of the Department of Geophysics, Ufa University of Science and Technology, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ufa, Russian Federation

Deputy Editor-in-Chief: **KUZNETSOVA** Alfiya Rashitovna, Doctor of Economics, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ufa University of Science and Technology", Ufa, Russian Federation

MASAGUTOV Rim Khakimovich, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, State budgetary scientific institution "Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan", Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Honored Geologist of the Russian Federation, Honored Geologist of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russian Federation

SAVELYEV Dmitry Evgenievich, Leading Researcher of the Institute of Geology, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Ufa, Russian Federation

EDITORIAL BOARD:

ANDREEV
Vadim
Evgenievich Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, State budgetary scientific institution "Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan", Doctor of Technical Sciences, Professor, Ufa, Russian Federation

BELOGUB
Elena Vitalievna Deputy Director for Research, FSBSI "South Ural Federal Scientific Center for Mineralogy and Geoecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences", Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Miass, Chelyabinsk Region, Russian Federation

BRUSNITSYN
Alexey Ilyich Head of the Department of Mineralogy, Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, St. Petersburg, Russian Federation

VIKENT'EV
Ilya Vladimirovich Chief Researcher, Institute of Geology of Ore Deposits, Mineralogy, Petrography and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Moscow, Russian Federation

ZNAMENSKY
Sergey Evgenievic Head of the Laboratory of Paleovolcanology and Metallogeny, Institute of Geology, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Geology and Mineralogy, Ufa, Russian Federation

IBLAMINOV
Rustem
Gilbrakhmanovich Professor of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Perm State National Research University", Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Perm, Russian Federation

KAZANTSEVA
Tamara
Timofeevna Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, State budgetary scientific institution "Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan"; Chief Researcher, Institute of Geology, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Geology and Mineralogy, Ufa, Russian Federation

KISIN Alexander Yurievich	Head of the Laboratory of Geochemistry and Ore Forming Processes, Institute of Geology and Geochemistry named after V.I. acad. A.N. Zavaritsky Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation
KISLOV Evgeny Vladimirovich	Leading Researcher, Geological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Ulan-Ude, Russian Federation
KNELLER Leonid Efimovich	Professor of the Department of Exploration and Development of Oil and Gas Wells, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ufa State Petroleum Technological University" (branch in Oktyabrsky), Research and Design Institute for Geophysical Research of Geological Exploration Wells, Doctor of Technical Sciences, Professor, Oktyabrsky, Russian Federation
KOVALEV Sergey Grigorievich	Director of the Institute of Geology of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences", Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Ufa, Russian Federation
KOTENEV Yuri Alekseevich	Head of the Department "Geology and Exploration of Oil and Gas Fields", FSBEI HE "Ufa State Petroleum Technological University", Doctor of Technical Sciences, Professor, Ufa, Russian Federation
LOBANKOV Valery Mikhailovich	Professor of the Department of Geophysical Methods of Research, FSBEI HE "Ufa State Petroleum Technological University", Doctor of Technical Sciences, Professor, Ufa, Russian Federation
MUSTAFIN Sabir Kabirovich	Professor of the Department of Geology, Hydrometeorology and Geoecology, Ufa University of Science and Technology, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ufa, Russian Federation
POPKOV Vasily Ivanovich	Professor of the Department of Petroleum Geology, Hydrogeology and Geotechnics, Kuban State University, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Krasnodar, Russian Federation
PRISHCHEPA Oleg Mikhailovich	Head of the Department of Geology of Oil and Gas, St. Petersburg Mining University, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, St. Petersburg, Russian Federation
PUCCHKOV Viktor Nikolaevich	Chief Researcher of the Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation
SAVELYEV Viktor Alekseevich	Head of the Department "Geology of Oil and Gas", Institute of Oil and Gas named after M.S. Gutserieva, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Izhevsk, Russian Federation
SNACHEV Aleksandr Vladimirovich	Leading Researcher of the Institute of Geology, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Ufa, Russian Federation
USPENSKY Boris Vadimovich	Head of the Department of Petroleum Geology, Kazan (Volga Region) Federal University, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Kazan, Russian Federation
CHAIKOVSKY Ilya Ivanovich	Head of the Laboratory of Geology of Mineral Deposits of the Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Perm, Russian Federation

CHERNYSHOV Alexey Ivanovich Head of the Department of Petrography of the Faculty of Geology and Geography, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "National Research Tomsk State University", Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Tomsk, Russian Federation

SHUMILOV Aleksandr Vladimirovich Professor of the Department of Geophysics, Perm State National Research University, Doctor of Technical Sciences, Professor, Perm, Russian Federation

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

AZH GALIEV Dulat Kalimovich Head of the Scientific Center for Geology, Geophysics and Geochemistry Non-profit joint-stock company «Atyrau University of Oil and Gas named after Safi Utebaev», Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Atyrau, Republic of Kazakhstan

ZHOLTAEV Hero Zholtaevich Director of LLP "Institute of Geological Sciences named after. K. I. Satpaeva, doctor of geological and mineralogical sciences, Professor, Almaty, Republic of Kazakhstan

The scientific journal is published 4 times a year.

Founder, editors and publisher: State budgetary scientific institution "Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan".

Address of the founder, editors and publisher:
450008, Republic of Bashkortostan, Ufa, st. Kirova, 15.
Tel.: +7 (347) 276-40-77.

E-mail: geology-akademia@vandex.ru

© Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, 2025

СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ
«Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов»
СОДЕРЖАНИЕ № 2 (39) 2025
НАУКИ О ЗЕМЛЕ

- Ажгалиев Дулат Калимович, Ажгалиев Талгат Дулатович*
КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ
ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ КАЗАХСТАНА
DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-12-28 12
- Пинчук Татьяна Николаевна, Микерина Татьяна Борисовна*
ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАССЕЯННОГО
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧОКРАКСКИХ ПОРОД ЗАПАДНО-
КУБАНСКОГО ПРОГИБА
DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-29-41 29
- Попков Василий Иванович*
НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ГРАНИТОИДОВ ФУНДАМЕНТА НА
ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОЙМАША
DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-42-58 42
- Савельев Дмитрий Евгеньевич*
К ПРОБЛЕМЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ МАНТИЙНЫХ ДУНИТОВ
DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-59-72 59
- Шабутдинов Тимур Денисович, Савельев Дмитрий Евгеньевич,
Самигуллин Айдар Альфридович, Гатауллин Руслан Азатович,
Макатов Дархан Кайратович*
МИНЕРАЛЫ НАДГРУППЫ АПАТИТА ИЗ ХРОМИТИТОВ
АПШАКСКОЙ ПЛОЩАДИ МАССИВА ЮЖНЫЙ КРАКА (ЮЖНЫЙ
УРАЛ)
DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-73-87 73
- Ахметьянова Альбина Ильшатовна, Кузнецов Александр Игоревич*
КЛЮЧЕВЫЕ ПРИОРИТЕТЫ В ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В
РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН
DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-88-98 88

ONLINE PUBLICATION
"Geology. News of the Department of Earth Sciences and Natural Resources"
CONTENTS No. 2 (39) 2025
EARTH SCIENCES

<i>Azhgaliyev Dulat Kalimovich, Azhgaliyev Talgat Dulatovich</i> QUANTITATIVE ASSESSMENT AND FORECAST OF OIL AND GAS POTENTIAL IN SEDIMENTARY BASINS OF KAZAKHSTAN DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-12-28	12
<i>Pinchuk Tatyana Nikolaevna, Mikerina Tatyana Borisovna</i> GEOHIMICAL CHARACTERISTICS OF DISSEMINATED ORGANIC SUBSTANCE OF THE CHOKRAKIAN ROCKS OF THE WESTERN KUBAN DEPRESSION DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-29-41	29
<i>Popkov Vasily Ivanovich</i> OIL AND GAS CONTENT OF THE FOUNDATION GRANITOIDS ON THE EXAMPLE OF THE OYMASH DEPOSIT DOI 10.24412/2949-4052-2025-1-42-58	42
<i>Savelyev Dmitry Evgenievich</i> TO THE PROBLEM OF MANTLE DUNITE ORIGIN DOI 10.24412/2949-4052-2025-1-59-72	59
<i>Shabutdinov Timur Denisovich, Savelyev Dmitry Evgenievich, Samigullin Aidar Alfridovich, Gataullin Ruslan Azatovich, Makatov Darkhan Kayratovich</i> APATITE SUPERGROUP MINERALS FROM CHROMITITES OF THE APSHAKSKAYA AREA OF THE SOUTH KRAKA MASSIF (SOUTHERN URAL) DOI 10.24412/2949-4052-2025-1-73-87	73
<i>Akhmetyanova Albina Ilshatovna, Kuznetsov Alexander Igorevich</i> KEY PRIORITIES IN ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN DOI 10.24412/2949-4052-2025-1-88-98	88

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ КАЗАХСТАНА

© Ажгалиев Дулат Калимович

ТОО «PetroGas WK», г. Атырау, Республика Казахстан

© Ажгалиев Талгат Дулатович

ТОО «RAMS QAZAQSTAN», г. Алматы, Республика Казахстан

Аннотация. Приведена характеристика принципиальных особенностей изучения осадочных бассейнов Казахстана и результаты реализации предложений, ранее принятых региональным отраслевым проектом «Комплексное изучение осадочных бассейнов Республики Казахстан» за 2009-2013 гг. Даны результаты бурения сверхглубоких скважин (Прикаспийский и Южно-Торгайский бассейн) и геотраверсов за период 2014-2024 гг. Акцент сделан на глубокопогруженных палеозойских горизонтах Прикаспийского бассейна по материалам высокоточной аэромагнитной съемки, региональной сейсморазведки 2Д-МОГТ и площадной съемки 3Д-МОГТ, результатам бурения первых сверхглубоких скважин на поднятиях Тасым Юго-Восточный, Кобланды, Ширак, Урихтау, Алга и Кобяковская. При рассмотрении аномального магнитного поля выполнено районирование Прикаспийского бассейна с характеристикой глубин залегания перспективного девонского комплекса отложений (верхний девон). Обосновано развитие крупных объектов – мегаподнятий в палеозойской толще по верхнедевонско-нижнекаменноугольному интервалу разреза. В целом, отмечены результаты, полученные в рамках исполнения Программы изучения глубоких горизонтов в палеозойской толще (2014-2020 гг.) и Программы по геологической разведке малоизученных бассейнов (2021-2025 гг.). Дано обоснование перспективности относительно глубоководных внутренних районов Прикаспийского бассейна с преимущественно терригенным и карбонатно-терригенным осадконакоплением. При этом сделан прогноз развития крупных объектов, содержащих малосернистые (или бессернистые) залежи углеводородов. Показана необходимость следования принципам сохранения этапности геологоразведочного процесса, придания поисковым работам планомерного развития и характера в целях кондиционной подготовки локальных структур к поисковому бурению. С учетом достигнутых результатов дано предложение к проведению очередной количественной оценки перспектив нефтегазоносности и прогнозных ресурсов по всем 15-ти бассейнам Казахстана.

Ключевые слова: осадочный бассейн, Прикаспийский бассейн, Устюрт-Бозаши, Мангышлак, углеводороды, верхний девон, объект, перспективы нефтегазоносности, палеозойский комплекс, скважина, мегаподнятие, поисковые работы.

Для цитирования: Ажгалиев Д. К., Ажгалиев Т. Д. Количественная оценка и прогноз нефтегазоносности осадочных бассейнов Казахстана // Геология. Известия Отделения наук и Земле и природных ресурсов. – 2025. – №2. – С. 12-28. DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-12-28

QUANTITATIVE ASSESSMENT AND FORECAST OF OIL AND GAS POTENTIAL IN SEDIMENTARY BASINS OF KAZAKHSTAN

© Azhgaliyev Dulat Kalimovich

PetroGas WK LLP, Atyrau, Republic of Kazakhstan

© Azhgaliyev Talgat Dulatovich

RAMS QAZAQSTAN LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan

Summary. This article describes the fundamental features of sedimentary basin studies in Kazakhstan and the results of implementing proposals previously adopted by the regional industry project "Comprehensive Study of Sedimentary Basins of the Republic of Kazakhstan" for 2009-2013. The results of drilling ultra-deep wells (Caspian and South Torgay basins) and geotraverses for the period 2014-2024 are presented. The focus is on the deep-seated Paleozoic horizons of the Caspian Basin, based on high-precision aeromagnetic surveys, regional 2D-MOGT seismic exploration, and areal 3D-MOGT surveys, as well as the results of drilling the first ultra-deep wells on the Tasym Yugo-Vostochny, Koblandy, Shirak, Urikhtau, Alga, and Kobyakovskaya uplifts. Based on the anomalous magnetic field, the Caspian Basin was zoned, characterizing the depths of the promising Devonian sediment complex (Upper Devonian). The development of large mega-uplifts in the Paleozoic strata across the Upper Devonian-Lower Carboniferous interval of the section is substantiated. Overall, the results obtained within the framework of the Paleozoic Deep Horizon Study Program (2014-2020) and the Geological Exploration Program for Understudied Basins (2021-2025) are highlighted. The prospects of the relatively deep-water inland regions of the Caspian Basin with predominantly terrigenous and carbonate-terrigenous sedimentation are substantiated. A forecast for the development of large projects containing low-sulfur (or sulfur-free) hydrocarbon deposits is made. The need to adhere to the principles of maintaining a phased geological exploration process and ensuring a systematic development and character of exploration work in order to adequately prepare local structures for exploratory drilling is demonstrated. Based on the achieved results, a proposal is made to conduct another quantitative assessment of the oil and gas potential and forecast resources for all 15 basins of Kazakhstan.

Key words: sedimentary basin, Caspian basin, Ustyurt-Bozashi, Mangyshlak, hydrocarbons, Upper Devonian, object, oil and gas potential, Paleozoic complex, well, mega-uplift, exploration work.

Введение. Комплексное изучение и количественная оценка перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов позволяет и способствует своевременному обновлению геологических представлений на их внутреннее строение на основе новых фактических данных и результатов поисковых работ [4, 6]. Вместе с этим уточняется методология и подходы к анализу и интерпретации накопленных геолого-геофизических материалов и данных. Ранее в период 2009-2013 гг. были проведены исследования в рамках регионального отраслевого проекта «Комплексное изучение осадочных бассейнов Республики Казахстан» (далее – Проект КИОБ РК), инициированные АО НК «КазМунайГаз» (далее – КМГ) и геологической службой Казахстана в лице Комитета геологии (далее – Комитет геологии). Наряду с количественной оценкой перспектив нефтегазоносности прогнозных ресурсов, не менее важным в данной работе являлась выработка единой долгосрочной стратегии поисковых

работ и придания системного характера в изучении недр и укрепления минерально-сырьевого комплекса по нефти и газу [12].

Авторский коллектив включал известных и видных специалистов науки и геологоразведочного производства (Акчулаков У.А., Шагиров Б.Б., Коврижных П.Н., Урдабаев А.Т., Оздоев С.М., Абилхасимов Х.Б. и др.). Комплексные исследования проведены на базе АО «Казахский институт нефти и газа» и Консорциума из ведущих профильных сервисных компаний (ТОО «Ак-Ай Консалтинг», «НПЦ Геокен», РГП «Специализированное гравиметрическое предприятие», КазНИГРИ, ТуранГео, и др.). Реализация данного проекта явилось первым опытом проведения комплексных геолого-геофизических исследований и уникальным с точки зрения широкомасштабного характера и охвата всех 15-ти осадочных бассейнов [10, 12, 15].

Реализация решений ресурсной оценки за период 2009-2013 гг. С учетом основных результатов исследований по Проекту КИОБ РК и полученной довольно высокой оценкой прогнозных ресурсов в целях последующего планомерного изучения недр выполнены ниже следующие мероприятия.

1) Утверждена Программа развития и дальнейшего восполнения запасов УВ для компании КМГ на период до 2020 г. (Исказиев К.О., Исенов С.М., Каримов С.Г., Аккулов А.А.) с учетом нижнего предела глубин до отметки -7,0 км, по которой выполнена оценка прогнозных ресурсов для Прикаспийского бассейна.

2) Комитетом геологии принята «Отраслевая программа ГРП и изучения недр на период 2015-2019 гг.». Основу данной программы составляет проведение геотраверсов, региональных профилей 2Д-МОГТ и бурение опорных сверхглубоких скважин.

Всего по плану предусмотрено было 12 геотраверсов общим объемом 11480 пог км с охватом всех 15-ти бассейнов РК, в т.ч.: 8 геотраверсы первой очереди в 2015-2019 гг. (рис. 1) Состав геотраверсов включает: ГСЗ-КМПВ, высокоточная профильная гравиразведка, магниторазведка, сейсморазведка 2Д-МОГТ с длиной записи до 20 сек, электроразведка (МТЗ, метод сопротивлений, ВЭЗ), геохимические исследования. Региональные сейсмические исследования 2Д-МОГТ включают 12 профилей по 3-м бассейнам на западе страны, общей протяженностью более 4300 пог км.

Выполнены геотраверсы, проходящие по Шу-Сарыускому, Сырдарьинскому, Прииртышскому, Южно-Торгайскому и Северо-Торгайскому бассейну на юго-востоке страны. Работы по геотраверсам в настоящее время продолжаются.

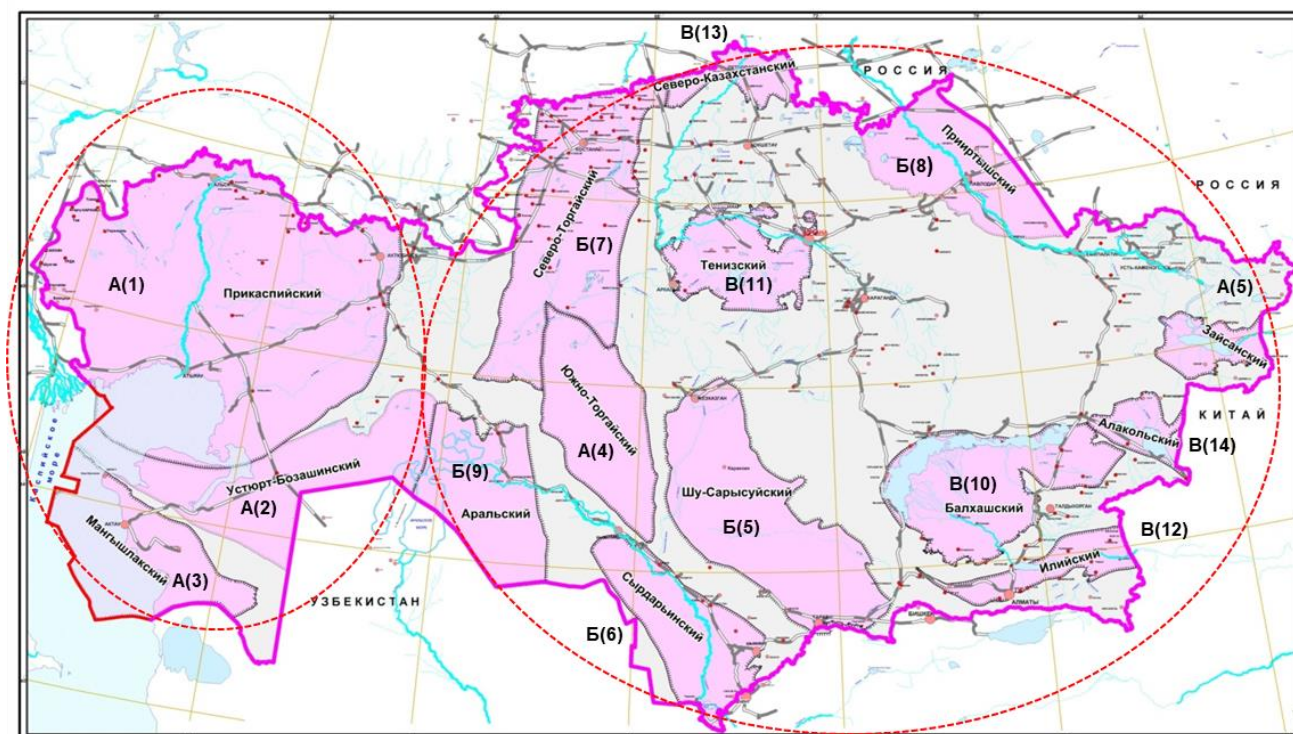


Рис. 1 – Осадочные бассейны Республики Казахстан

где: Нефтегазоносные бассейны. Западный Казахстан: А(1) – Прикаспийский, А(2) – Устюрт-Бозашинский, А(3) – Мангышлакский. Юго-Восточный Казахстан: А(4) – Южно-Торгайский, А(5) – Зайсанский.

Малоизученные перспективные бассейны: В(5) – Шу-Сарысуйский, В(6) – Сырдарьинский, В(7) – Северо-Торгайский, В(8) – Прииртышский, В(9) – Аральский.

Малоизученные малоперспективные бассейны: В(10) – Балхашский, В(11) – Тенизский, В(12) – Илиский, В(13) – Северо-Казахстанский, В(14) – Алакольский.

Программа бурения опорных сверхглубоких скважин включает проводку 5-ти скважин проектной глубиной 5500-8500 м. Ранее, уже был пробурен ряд опорных сверхглубоких скважин на поднятиях Кобланды, Ширак, Тасым Юго-Восточный, Володарская, Чинаревская, Новобогатинская с отметкой фактического забоя 6,5-7,5 км.

В данное время в отношении изучения бассейнов сверхглубоким бурением отметим следующие принципиально важные результаты, которые получены в разрезе Прикаспийского и Южно-Торгайского бассейна.

Поисковая скважина № 1 Алга пробурена в южной части Прикаспийского бассейна (междуречье Урал-Волга), явилась аномальной по глубине фактического забоя – ниже отметки 6900 м. По результатам бурения и испытания в колонне из отложений верхнедевонско-нижнекаменноугольного возраста получен приток газа и конденсата. На восточном борту Прикаспийского бассейна пробурена скважина У-5 Урихтау. При фактической отметке забоя 5374 м в скважине У-5 было допущено интенсивное нефтегазоводопоявление из

отложений фаменского возраста (верхний девон). Из-за невозможности устранения возникшего осложнения скважина ликвидирована по техническим причинам. В настоящее время ведется проводка опорной сверхглубокой скважины в юго-восточной части бассейна на поднятии Каратон (Приморский свод) (рис. 2).

Важно отметить, что при проводке и вскрытии продуктивной части подсолевого разреза Прикаспийского бассейна (девон, карбон, нижняя пермь), аномально-высоком пластовом давлении и температуре, во всех отмеченных выше случаях (скважинах) не отмечено присутствие или повышенное содержание сероводорода [1].

В разрезе Южно-Торгайского бассейна пробурена скважина П-2 Южный Торгай, которая достигла проектной глубины 5500 м. Фактическая глубина составила 5585 м с отметкой забоя в отложениях кристаллического фундамента. Продуктивные горизонты и прямые признаки УВ в разрезе скважине не выявлены. Материалы бурения находятся в обработке и интерпретации.

Как показали фактические результаты и сложившийся опыт, успешная проводка сверхглубоких скважин является актуальной задачей и требует особой подготовки, включая привлечение инструкторской вахты и выполнение работы на основе консорциума компаний. Как показало время, отечественными компаниями самостоятельно бурение и успешную проводку скважин данной категории сложности реализовать удавалось не всегда. Процент скважин данной категории (большая глубина и аномальные горно-геологические условия), которые не достигли проектной глубины из-за осложнений технического порядка, продолжает оставаться высоким.

3) Основной упор в наращивании ресурсной базы по нефти и газу сделан на относительно хорошо изученные западные бассейны страны (Прикаспийский бассейн, Устюрт-Бозаши и Мангышлак), которые характеризовались наибольшей активностью поисково-разведочных работ. Кроме того, по данным бассейнам обозначен ряд отдельных дальнейших перспективных направлений исследований.

Одним из таких направлений в целях ускоренного восполнения ресурсной базы определено изучение и оценка глубокопогруженных горизонтов в палеозойской толще Прикаспийского бассейна, способное обеспечить прирост запасов в кратном порядке и в сжатые сроки. Для этого Правительством РК ранее была утверждена Программа по изучению глубоких горизонтов, принятая в качестве директивы к исполнению Комитетом геологии и геологическими территориальными департаментами, профильным министерством и Фондом национального благосостояния «Самрук-Казына».

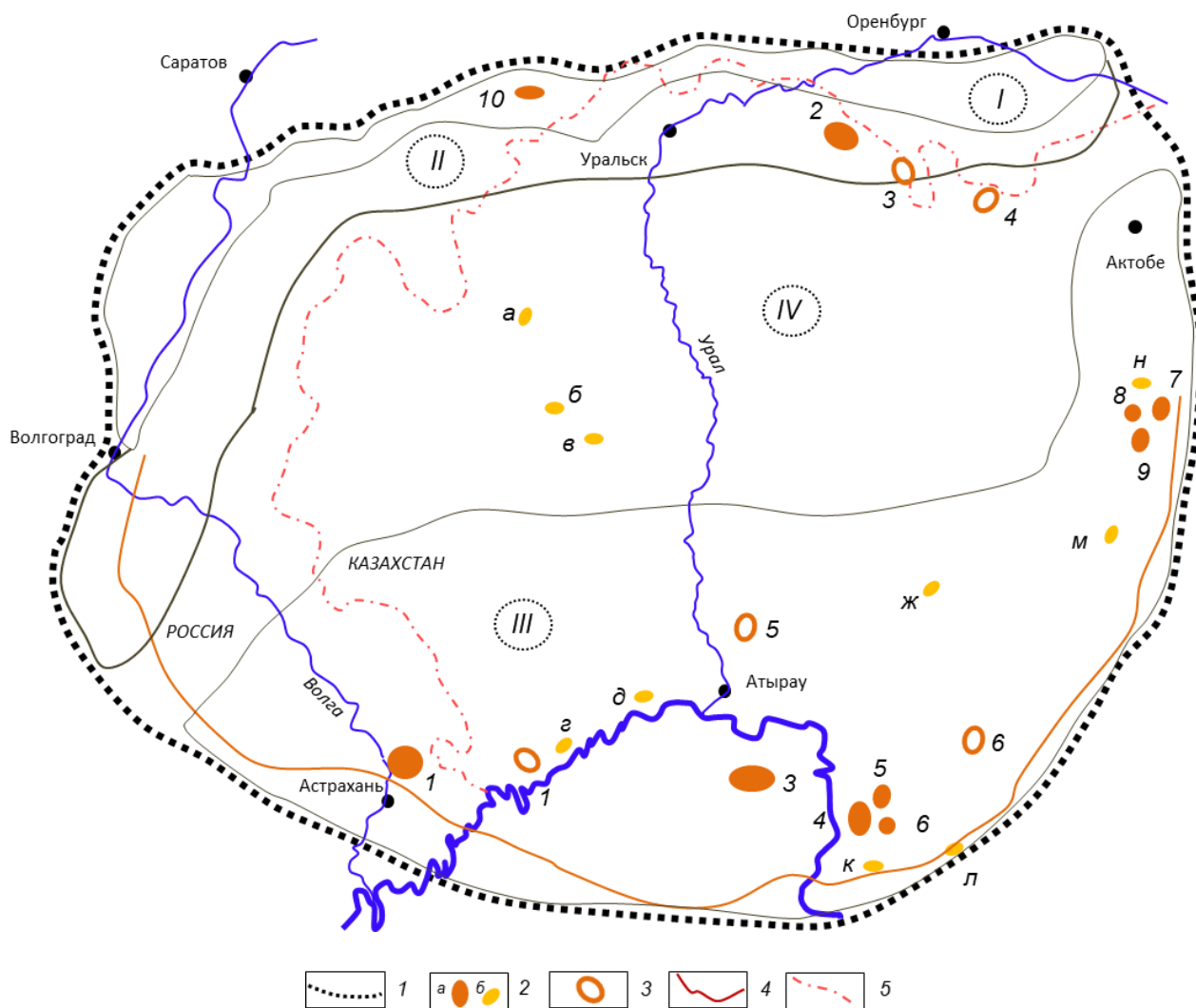


Рисунок 2 – Схема тектонического районирования Прикаспийского бассейна
(по данным Обрядчикова О.С., 2018 г.)

где: 1 – контуры и зоны Прикаспийской впадины (цифры в кружках): I – внешняя прибортовая (северная и западная), II – внутренняя прибортовая северная и западная, III – восточная и южная прибортовая, IV – Центрально-Прикаспийская топодепрессия;
2 – месторождения УВ: а – подсолевые (1 – Астраханское, 2 – Карачаганак, 3 – Кашаган, 4 – Тенгиз, 5 – Королевское, 6 – Анасаган, 7 – Жанажол, 8 – Урихтау, 9 – Кожасай, 10 – Теплово-Токаревская группа); б – надсолевые (а – Порт-Артур, б – Болганмола, в – Аукетайшагыл, г – Забурунье, д – Новобогатинская группа, ж – Кенбай, к – Прорвинская группа, л – Боранколь, м – Каратобе, н - Кенкияк); 3 – площади с обнаружениями в палеозойских отложениях (1 – Кобяковская, 2 – Алга, 3 – Кобланды, 4 – Ширак, 5 – Тасым Юго-Восточный, 6 – Улькентобе Юго-Западный, 7 - Есекжал); 4 – южная граница распространения соли; 5 – государственная граница

По результатам комплексирования данных сейсморазведки 2Д/ 3Д-МОГТ, аномалий магнитного и гравитационного поля по палеозойской толще в качестве высокоперспективных выявлены крупные объекты – мегаподнятия в диапазоне глубин 5,5-8,0 км [19, 21]. Мегаподнятия представляют собой тренды (группы)

поднятий, приуроченные в структурном плане к выступам фундамента и нижнего палеозоя, оконтуриваемые на уровне верхний девон – нижний карбон. Предположительно, эти мегаобъекты маркируют различные палеобатиметрические участки бассейна осадконакопления. В северной бортовой зоне локализованы крупные объекты Желаевская, Березовский и Тамды. В Атырауско-Шукатской зоне выделены поднятия Акатколь, Кузбак (Нур – Куржем – Бейбит), Айранколь, Бекбике. В разрезе Северо-Каспийской зоны (междуречье Урал-Волга) обоснованы поднятия Кошалак, Сарайшик, Забурунье, Караколь – Жамбай-море, Сазанкурак, Октябрьское. Маткен-Биикжальская ступень определяет положение крупных поднятий Кызылкудук, Буйыргын, Кырыкмерген – Мунайлы Северный, Биикжал, Улькентобе Юго-Западный. На восточном борту обособляются Шубаркудук-Коскольская и Акжарская зоны поднятий.

Крупные объекты прогнозируются в «переходной» Бозашинско-Эмбинской зоне (Сарытау-Мунайбайская зона) на крайнем юго-востоке в акваториальной части Прикаспийского бассейна (Сарытау, Бурыншик, Бурыншик Восточный, Островная) [16].

В связи с этим акцентируется верхнедевонская и нижнекаменноугольная часть разреза как наиболее перспективная и сохраняющаяся по своей полноте в разрезе внутренних относительно погруженных районов бассейна осадконакопления. Весьма благоприятным здесь рассматривается фактор, связанный с вероятным отсутствием или незначительным содержанием сероводорода. Другим важным выводом является возможность сохранности на повышенных глубинах (до 7,0-8,0 км) и кондиционность емкостно-фильтрационных свойств (далее – ФЭС), достаточных для формирования и накопления жидких и газообразных скоплений углеводородов.

4) По итогам Проекта КИОБ РК дан старт другому уникальному региональному проекту «Евразия», предусматривающего проводку сверхглубокой и аномальной по всем геологическим параметрам скважины проектной глубиной 14-15 км в центральной части Прикаспийского бассейна. Основной геологической задачей является выяснение природы Хобдинского и Аралсорского максимума силы тяжести, выделенные ранее по данным магнитного и гравиметрического поля. Наряду с этим ожидается оценить стратиграфическую полноту и вещественный состав отложений на глубинах до 15 км.

Масштабы подготовительной работы и реализации данного проекта уникальны. В настоящее время завершены исследования этапа I по переобработке и переинтерпретации геолого-сейсмических материалов. Определение оптимального положения проектной точки потребует консолидации усилий многих профильных компаний, привлечения огромного массива данных и сравнительного анализа. Достаточно отметить для этого

наличие в центральной части бассейна упомянутых уже выше аномальных зон, природа которых оценивается неоднозначно.

5) Для полномасштабного изучения принята была Концепция и выполнена Государственная программа на 2021-2025 гг. по геологической разведке малоизученных бассейнов (УВС, ТПИ, подземные воды) (см. рис. 1). В т.ч.: 5 – малоизученные перспективные Аральский, Сырдарьинский, Шу-Сарысуский, Прииртышский и Северо-Торгайский, а также 5 – малоизученные малоперспективные Тенизский, Северо-Казахстанский, Алакольский, Балхашский, Илийский бассейны. Основной упор сделан на проведение государственного геологического изучения, включая геотраверсы, геохимические исследования, электроразведка, МТЗ, сейсморазведка и поисковые работы на нефть и газ. На примере малоизученных бассейнов был существенно расширен спектр видов исследований, показана достаточно высокая эффективность комплексирования преимущественно недорогих методов поисков и разведки.

Основные результаты и новые данные за период 2014-2024 гг. В целом, проведение поисковых работ за последнее десятилетие характеризовалось уточнением региональных особенностей в оценке геологического строения и перспектив нефтегазоносности бассейнов в разрезе осадочных бассейнов крупных блоков земной коры. Работы выполнялись по мере возможностей финансирования и степени перспективности конкретных регионов и, надо признать, в условиях отсутствия все же достаточно сбалансированной и скоординированной отраслевой программы, способной успешно сопровождать дальнейшее развитие геологоразведочного производства и восполнение углеводородного потенциала.

Вместе с этим, несмотря на относительно невысокую, а местами низкую, активность геологоразведочных работ (далее – ГРР), получены все же новые данные, позволяющие скорректировать представления на характер строения поисковых объектов и перспективных тектонических структур различного порядка. В зависимости от отнесения этих объектов и структур к тем или иным комплексам отложений (интервалам разреза и структурно-формационным комплексам).

1) В контуре Прикаспийского бассейна дана предварительная оценка и интерпретация додевонского комплекса и девонской части разреза, предположительно в диапазоне глубин 5,5-10 км и глубже [21]. Ранее известные прогнозные районы Хобдинского и Аралсорского максимума, их природа, предположительно, связывается с утонением гранитного слоя и полной заменой его на аномальных участках базальтовым слоем. Практически Хобдинский максимум соответствуют поднятию Каратобе по подошве девонских отложений, а Аралсорский максимум подчеркивает приподнятый участок между Жанибекским прогибом и Центральной депрессией. Это обстоятельство

рассматривается фактором, который проясняет геологическую природу указанных региональных гравитационных аномалий и позволяет предположить их связь с приподнятыми участками поверхности додевонского комплекса и девонских отложений (верхний девон).

2) Получены новые данные, свидетельствующие о сохранении достаточно высоких значений ФЕС в породах-коллекторах на больших глубинах. Новые представления о существовании пород-коллекторов с высокими кондициями на глубинах 5,5-6,5 км находят подтверждение по результатам поискового бурения на поднятиях Урихтау и Ансаган на восточном и юго-восточном обрамлении Прикаспийского бассейна, соответственно. Пористость карбонатов в девонских отложениях на данных площадях достигает 10-15 %. Наряду с примером планетарного масштаба и обнаружением залежей нефти в Мексиканском заливе (до 10 км), предоставляется возможность по-новому взглянуть на критерии и факторы их формирования, особенно, в части сохранности ФЕС пород-коллекторов на аномальных глубинах.

3) Получены новые данные в пользу высокой перспективности девонских отложений (верхний девон) в палеозойском комплексе Прикаспийского бассейна [14]. Долгое время о продуктивности девонских отложений свидетельствовали локальные (или ограниченные) данные по юго-восточному (Тенгиз, Ансаган), северному (Чинаревское, Карачаганак) и юго-западному (р-н скважины № 2 Володарская на северном погруженном склоне Астраханского свода) обрамлению Прикаспийского бассейна. Новые данные и промышленная нефтегазоносность девонских отложений выявлена на площади Урихтау (восточная бортовая зона).

Как показал анализ аномального магнитного поля (далее – АМП) Прикаспийского бассейна, выделено две основные категории районов (областей) с характерными признаками и значениями, отражающие различие глубинных геологических характеристик (рис. 3) [16, 21]. Анализ и сопоставление данных бурения и сейсморазведки показывает, что области Прикаспийского бассейна (южный, восточный и северный бортовой «сегмент»), соответствующие зонам повышенных значений АМП, характеризуется повышенным залеганием девонского комплекса на глубинах до 8 км и представляет область 1 категории. Данный вывод увязывается с характеристикой проявлений нефтегазоносности, наличием крупных локальных структур по отражающим горизонтам в девоне и карбоне (P_3 , P_2^D , P_2^1), соответствующими трендами разломной тектоники.

И, наконец, выявлена связь аномалий магнитного поля определенного ранга с крупными зонами нефтегазонакопления (далее – ЗНГН) Карачаганак, Кашаганская группа, Приморская зона (Тенгиз, Королевская, Ансаган), Жанажол – Кожасай – Урихтау.

Области 2-ой категории с несколько меньшей интенсивностью значений АМП выделяется на основании т.н. геомагнитной ступени [21]. Таковыми

являются центральная (западная половина), северная (юго-западная четверть) и северо-восточная (область сочленения северного и восточного борта) части Прикаспийского бассейна. Здесь перспективные девонские отложения связываются с интервалом глубин 10 км и более. Девонский комплекс отложений, таким образом, выделен в новое перспективное направление поисковых работ на глубокопогруженные горизонты в палеозойской толще Прикаспийского бассейна.

4) Получены новые возможности в снижении рисков поисковых работ на глубокие горизонты палеозоя, связанные с прогнозом низкого содержания (или отсутствия) в них сероводорода и элементов серы.

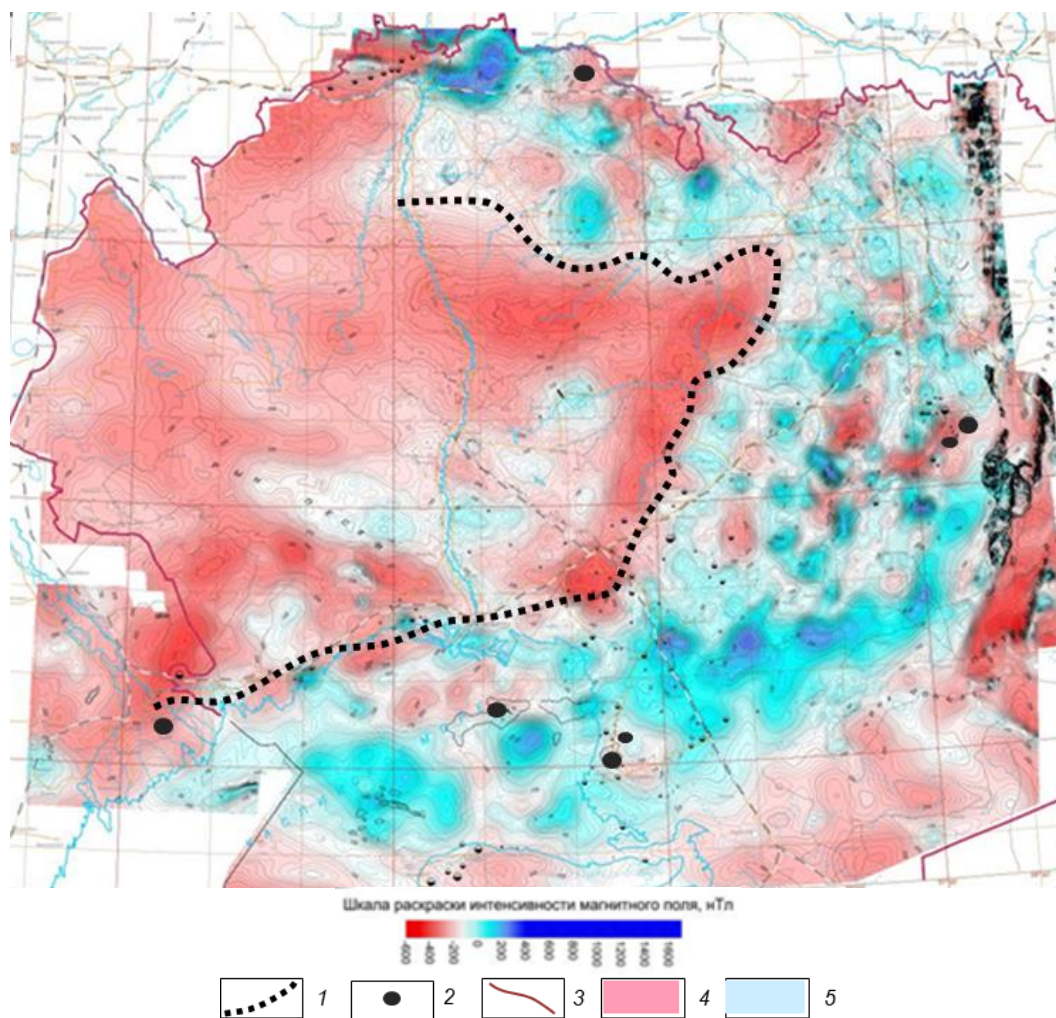


Рисунок 3 – Сводная схема распределения аномального магнитного поля Прикаспийского бассейна (по данным Проекта КИОБ РК, 2009-2013 гг.; АО НК «КазМунайГаз») где: 1 – положение крайней (западной) линии геомагнитной ступени, 2 – месторождения в палеозойском комплексе, 3 – государственная граница РФ и РК, 4 – области пониженного значения аномалий, 5 – области повышенного значения аномалий

Результаты бурения на площадях Тасым Юго-Восточный, Урихтау, Кобланды, Ширак, Алга, Кобяковская, Акжар Восточный, Есекжал, Маткен – Карашунгул, Биикжал – Улькентобе Юго-Западный, Бекбулат-Сазтобинская группа показали отсутствие сероводорода в залежах УВ и ошибочность ранее распространенной точки зрения о высокой вероятности его высокого содержания в палеозойской толще по всему бассейну [11, 18]. «Сероводородное заражение» по контуру Прикаспийского бассейна характеризуется локальным характером проявления. Крупные карбонатные платформы (Карачаганак, Кашаган, Тенгиз) контролируются зонами активного развития разломов «сквозного» планетарного характера. В связи с этим вероятность такого заражения была высокой и обусловлена активным химическим взаимодействием УВ с сульфатами горных пород и пластовых вод. В тоже время не исключается глубинный генезис элементов серы, поступавшей по зонам активной разломной тектоники и трещиноватости в пределах «сквозных» атоллообразных массивов и крупных карбонатных седиментационных выступов.

Обоснована перспективность крупных поднятий (мегаподнятия) в девоне и карбоне в областях с преимущественно терригенным и карбонатно-терригенным осадконакоплением. Так, все меньше данных и косвенных указаний в пользу прогноза крупных одиночных содержащих залежи УВ карбонатных массивов и платформ во внутренних районах бассейна, по крайней мере, по среднедевонско-артинскому диапазону разреза. Ожидается значительное увеличение площади перспективной территории во внутренней относительно глубоководной части с учетом преимущественного развития терригенного и карбонатно-терригенного осадконакопления. Перспективны крупные поднятия массивного структурного типа с конседиментационным стилем развития, пластовым типом резервуарной части и ловушки.

5) Обоснована высокая перспективность палеозойских отложений западной части Туранской плиты в разрезе Устюрт-Бозашинского и Мангышлакского бассейна в составе квазиплатформенного комплекса (далее – КПК) [10, 20]. Несмотря на низкую степень изученности бассейнов Устюрт-Бозаши и Мангышлака по палеозойским отложениям, имеющиеся уточненные данные в настоящее время позволяют высоко оценивать изучение и перспективы нефтегазоносности палеозойской толщи. Некоторое «историческое опережение» изучение палеозойской толщи получило на территории сопредельных государств (Узбекистан, Туркмения), где отдельные районы характеризуются высокой перспективностью в нефтегазоносном отношении и, на ряде площадей в палеозое обнаружены залежи УВ с промышленными кондициями. Благоприятные структурно-тектонические и геолого-сейсмические предпосылки подтверждаются получением продуктивности палеозойских отложений в разрезе Песчаномысско-Ракушечной зоны (Оймаша) и Южного Приаралья (Куаныш-Коскалинская ЗНГН). Имеющиеся данные позволяют обосновать прогноз

нефтегазоносности нижней части разреза на блоках Узень – Карамандыбас и Курмангазы в акватории Среднего Каспия.

б) Отличительной особенностью поисковых исследований последнего десятилетия (в сравнении с исследованиями предыдущих периодов), является более тесное комплексное привлечение для анализа и прогноза данных по геофизическим полям (аэромагнитная съемка, данные гравиметрических исследований, теплового поля и ДЗЗ) [1, 12]. В результате расширен в значительной мере диапазон оценки перспективных толщ по всему разрезу осадочного чехла, вплоть до отметки 10,0 км (Прикаспийский бассейн), а отложения палеозоя в разрезе западной части Туранской плиты (Устюрт-Бозаши и Мангышлак) включены на основании новых данных и уточненных представлений в категорию перспективных толщ. В разрезе Южно-Торгайского бассейна изучение больших глубин на уровне нижней – средней юры позволило расширить диапазон продуктивности и обосновать новое направление поисковых работ, связанное с породами-коллекторами преимущественно глинистого состава (глины, аргиллиты, глинистые и углистые сланцы) [23]. Данные результаты позволили исследователям обосновать новое направление в поисковых работах на нефть и газ. сланцевое

Несомненно, что результаты интерпретации потенциальных геофизических полей в значительной мере способствовали уточнению и детальному описанию региональных закономерностей в строении осадочных бассейнов на западе и юго-востоке страны.

Заключение и выводы по постановке новой ресурсной оценки.

1. Исследования последнего десятилетия и их результаты показали необходимость сохранения и поддержания этапности в проведении региональных, поисковых и детальных исследований. Здесь, в свою очередь, очевидна необходимость государственной поддержки и участия в финансировании ГРР. Следует восстановить необходимый уровень системности в исследованиях с приданием им комплексного характера в целях достижения кондиционной подготовки локальных объектов к поисковому бурению. Пренебрежение и отклонение от принципа этапности ГРР не сможет гарантировать получение наилучшего эффекта от решения геологических задач и рациональное расходование финансовых средств. *С учетом состояния фактических показателей минерально-сырьевого комплекса важнейшей и первоочередной мерой является необходимость существенного увеличения объемов поисковых работ, повышения их эффективности, доразведка площадей с открытыми известными месторождениями.*

2. Предлагается целесообразным осуществить в ближайшие годы усилиями Комитета геологии, геологических служб АО НК «КазМунайГаз» и АО НК «КазакГаз», а также заинтересованных ведомств количественную оценку перспектив нефтегазоносности и прогнозных ресурсов осадочных бассейнов.

При этом необходимо создать координационный совет и постоянно действующую рабочую группу для скоординированной и последовательной реализации наиболее важных направлений исследований в рамках каждого осадочного бассейна и перспективных участков внутри бассейнов.

3. Для проведения нового цикла количественной оценки прогнозных ресурсов получены принципиально важные новые данные и результаты, уточнены региональные и глубинные закономерности в размещении перспективных объектов (ловушек) нефти газа. Сформированы новые представления на геолого-сейсмическую модель и морфологию локальных объектов (поднятий) в палеозойском комплексе бассейнов на западе страны, а также доюрском комплексе (КПК) в разрезе бассейнов западной части Туранской плиты и бассейнов на юго-востоке Казахстана. В разрезе нефтегазоносных бассейнов расширен стратиграфический диапазон продуктивности, выявлены новые дополнительные нефтегазоносные комплексы. По перспективным и малоизученным бассейнам имеются новые данные и дополнительные благоприятные геолого-геофизические предпосылки.

4. Ведомственным организациям и крупным отраслевым компаниям необходимо проводить скоординированные действия по управлению новыми проектами в рамках утвержденных Правительственных программ по изучению осадочных бассейнов. Важным является выработка совместно с научными институтами целенаправленных научно-исследовательских работ и предложений по уточнению и дополнению видов и объемов ГРП, в зависимости от особенностей отдельного бассейна, предполагаемых глубин исследований, состояния оценки ресурсов и запасов УВ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Майлибаев М.М. Направления поисково-разведочных работ на нефть и газ в пределах Южного и Юго-Восточного Казахстана на основе инвестиций // Минеральные ресурсы Казахстана. Алматы. 1995. № 2. С.3-7.
2. Жолтаев Г.Ж. Геодинамическая модель Прикаспийской синеклизы в палеозое // Геология Казахстана. А. 1996. № 5. С.41-53.
3. Жолтаев Г.Ж., Куандыков Б.М. Геодинамическая модель строения юга Евразии // Нефть и газ. А. 1999. № 2. С.62-74.
4. Орешкин И.В. Нефтегазогеологическое районирование и условия формирования месторождений и модели в подсолевом мегакомплексе Прикаспийской нефтегазоносной провинции // Недра Поволжья и Прикаспия. 2001. Вып. 26. С.42-47.
5. Бабашева М.Н., Лунгерсхаузен Д., Мурзагалиева Ж.С. Суперколлектор месторождения Акшабулак Центральный // Нефть и газ. Алматы. 2004. № 4. С.32-37.

6. Агамбаев Б.С., Нугманов Б.Т., Каримов С.Г., Ажгалиев Д.К. Перспективы расширения минерально-сырьевой базы нефти и газа в Южном Казахстане // PETROLEUM. Аналитический журнал. Алматы. 2004. № 6. С.32-40.
7. Марабаев Ж.Н., Жолтаев Г.Ж., Утегалиев С.А. и др. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Северного и Среднего Каспия. Астана. 2005. 194 с.
8. Ескожа Б.А., Воронов Г.В. Строение подсолевого комплекса юго-востока Прикаспийской впадины // Известия НАН Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук. 2008. № 1. С.315-324.
9. Нуралиев Б.Б. Основа определения стратегии нефтепоисковых работ – разломная тектоника // Нефть и газ. А. 2008. № 8. С.42-54.
10. Карабалин У.С., Исказиев К.О., Ажгалиев Д.К. Комплексное изучение осадочных бассейнов – основа эффективного прогноза нефтегазоносности новых территорий // PETROLEUM. Аналитический журнал. А. 2013. № 6. С.22-28.
11. Исказиев К.О., Ажгалиев Д.К., Каримов С.Г. О перспективах поисков малосернистой нефти в Казахстане // «Oil and gas of Kazakhstan». А. 2014. № 3. С.102-109.
12. Акчулаков У.А. Новая ресурсная база углеводородов Республики Казахстан и пути возможной их реализации / Ред. Б.М.Куандыков, О.С.Турков, К.М. Таскинбаев и др. // Нефтегазоносные бассейны Казахстана и перспективы их освоения. ОО «Казахстанское общество нефтяников-геологов». Алматы. 2015. С.21-29.
13. Жолтаев Г.Ж., Налибаев М.И. Девонские рифы Северного Торгая – высокоперспективные объекты для поисков новых месторождений нефти и газа // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. Алматы. 2017. № 2. С.5-11.
14. Ажгалиев Д.К. Девонские отложения – перспективное направление поисковых работ на нефть и газ в Прикаспийском бассейне // Георесурсы. Казань. 2017. Том 19. № 2. С.111-116.
15. Ажгалиев Д.К., Каримов С.Г., Исаев А.А. Региональное изучение – следующий важный этап в оценке нефтегазоносного потенциала осадочных бассейнов Западного Казахстана // Георесурсы. Казань. 2018. Том 20. № 1 (I кв). С.16-24.
16. Каримов С.Г., Коврижных П.Н., Шагиров Б.Б., Ажгалиев Д.К. Особенности строения и развития карбонатов в палеозое на южном обрамлении Прикаспийского бассейна // Известия Уральского ГГУ. Екатеринбург. 2018. Том 51. № 3. С.73-80.
17. Ажгалиев Д.К. Новые представления о перспективах нефтегазоносности глубокозалегающих палеозойских отложений на востоке Прикаспийского бассейна // Узбекский журнал нефти и газа, Ташкент. 2018. № 2. С.24-27.

18. Ажгалиев Д.К. Особенности строения и прогноз перспективных палеозойских объектов в пределах Маткен-Биикжалской ступени на юго-востоке Прикаспийского бассейна // Геология, геофизика и разработка НиГМ. М. 2019. № 4 (328). С.26-34.

19. Ажгалиев Д.К. Структурно-тектонические особенности строения палеозойских отложений Мынтобинско-Новобогатинской зоны на юго-западном обрамлении Прикаспийского бассейна // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов (Уфимский Государственный нефтяной технический университет). 2019. № 3 (119). С.19-34.

20. Ажгалиев Д.К. Основные направления поисковых исследований на нефть и газ в рамках реализации программы комплексного изучения осадочных бассейнов Казахстана (2009-2013 гг.) // Геология, геофизика и разработка НиГМ. М. 2019. № 5. С.51-55.

21. Ажгалиев Д.К., Каримов С.Г. Тектоника девонского комплекса южной части Прикаспийского бассейна (Казахстан) по данным комплекса геолого-геофизических методов // Геотектоника. М. 2020. № 4. С.84-100.

22. Ажгалиев Д.К., Зайдемова Ж.К., Амангельдиева Г.Б., Демеуова А.Б. Формирование рифтовых комплексов отложений и особенности нефтегазоносности Южно-Торгайского бассейна // Нефть и газ. Алматы. 2023. № 4 (136). С.14-25.

23. Сланцевая нефть в Казахстане. Ред. Куандыков Б.М., Бигараев А.Б. Труды ОО «Казахстанское общество нефтяников-геологов». Шымкент. Вып. 10. 2023. 217 с.

REFERENCES

1. Mailibayev M.M. Directions of exploration work for oil and gas within the boundaries of Southern and South-Eastern Kazakhstan based on investments // Mineral resources of Kazakhstan. Almaty. 1995. No. 2. pp. 3-7.
2. Zholtayev G.Zh. Geodynamic model of the Caspian syncline in the Paleozoic // Geology of Kazakhstan. A. 1996. No. 5. pp. 41-53.
3. Zholtayev G.Zh., Kuandykov B.M. Geodynamic model of the structure of southern Eurasia // Oil and Gas. A. 1999. No. 2. pp. 62-74.
4. Oreshkin I.V. Oil and gas geological zoning and conditions of field formation and models in the subsalt megacomplex of the Caspian oil and gas province // Subsoil of the Volga and Caspian regions. 2001. Issue 26. pp. 42-47.
5. Babasheva M.N., Lungershausen D., Murzagaliev Zh.S. Superreservoir of the Akshabulak Central field // Oil and Gas. Almaty. 2004. No. 4. pp. 32-37.
6. Agambayev B.S., Nugmanov B.T., Karimov S.G., Azhgaliev D.K. Prospects for expanding the mineral resource base of oil and gas in Southern Kazakhstan // PETROLEUM. Analytical journal. Almaty. 2004. No. 6. pp. 32-40.

7. Marabaev Zh.N., Zholtayev G.Zh., Utegaliev S.A., et al. Geological structure and oil and gas potential of the Northern and Middle Caspian Sea. Astana. 2005. 194 p.
8. Yeskozha B.A., Voronov G.V. Structure of the pre-salt complex of the southeast of the Caspian depression // Bulletin of the NAS of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. 2008. No. 1. pp. 315-324.
9. Nuraliyev B.B. The basis for determining the strategy of oil exploration work is fault tectonics // Oil and Gas. Astana. 2008. No. 8. pp. 42-54.
10. Karabalin U.S., Iskazyev K.O., Azhgaliev D.K. A comprehensive study of sedimentary basins is the basis for an effective forecast of the oil and gas potential of new territories // PETROLEUM. Analytical journal. A. 2013. No. 6. pp. 22-28.
11. Iskazyev K.O., Azhgaliev D.K., Karimov S.G. On the prospects for low-sulfur oil exploration in Kazakhstan // Oil and gas of Kazakhstan. A. 2014. No. 3. pp. 102-109.
12. Akchulakov U.A. New hydrocarbon resource base of the Republic of Kazakhstan and ways of their possible implementation / Ed. B.M. Kuandykov, O.S. Turkov, K.M. Taskinbayev et al. // Oil and gas basins of Kazakhstan and prospects for their development. Public Association "Kazakhstan Society of Petroleum Geologists". Almaty. 2015. pp. 21-29.
13. Zholtayev G.Zh., Nalibayev M.I. Devonian reefs of Northern Torgay – highly promising objects for the search for new oil and gas fields // Bulletin of the NAS RK. Series of geology and technical sciences. Almaty. 2017. No. 2. pp. 5-11.
14. Azhgaliev D.K. Devonian deposits – a promising direction of oil and gas exploration in the Caspian basin // Georesources. Kazan. 2017. Vol. 19. No. 2. pp. 111-116.
15. Azhgaliev D.K., Karimov S.G., Isayev A.A. Regional study – the next important stage in assessing the oil and gas potential of sedimentary basins of Western Kazakhstan // Georesources. Kazan. 2018. Vol. 20. No. 1 (Q1). P. 16-24.
16. Karimov S.G., Kovrizhnykh P.N., Shagirov B.B., Azhgaliev D.K. Features of the structure and development of carbonates in the Paleozoic on the southern framing of the Caspian Basin // Bulletin of the Ural State Mining University. Ekaterinburg. 2018. Vol. 51. No. 3. P. 73-80.
17. Azhgaliev D.K. New ideas about the oil and gas potential of deep-lying Paleozoic deposits in the eastern Caspian Basin // Uzbek Journal of Oil and Gas, Tashkent. 2018. No. 2. P. 24-27.
18. Azhgaliev D.K. Structural Features and Forecast of Promising Paleozoic Objects within the Matken-Bikzhal Step in the Southeast of the Caspian Basin // Geology, Geophysics and Development of NiGM. Moscow, 2019, No. 4 (328), pp. 26-34.
19. Azhgaliev D.K. Structural and Tectonic Features of the Paleozoic Deposits of the Myntobinsko-Novobogatinskaya Zone in the Southwestern Framing of the Caspian Basin // Problems of Oil and Oil Product Collection, Preparation and

- Transportation (Ufa State Petroleum Technological University). 2019, No. 3 (119), pp. 19-34.
20. Azhgaliev D.K. Main Directions of Oil and Gas Exploration Research within the Framework of the Implementation of the Program for the Comprehensive Study of Sedimentary Basins of Kazakhstan (2009-2013) // *Geology, Geophysics and Development of NiGM*. Moscow, 2019, No. 5, pp. 51-55.
21. Azhgaliev D.K., Karimov S.G. Tectonics of the Devonian Complex of the Southern Part of the Caspian Basin (Kazakhstan) Based on a Complex of Geological and Geophysical Methods // *Geotectonics*. Moscow, 2020, No. 4, pp. 84-100.
22. Azhgaliev D.K., Zaidemova Zh.K., Amangeldieva G.B., Demeuova A.B. Formation of Rift Complexes of Deposits and Features of the Oil and Gas Potential of the South Torgay Basin // *Oil and Gas*. Almaty. 2023. No. 4 (136). P. 14-25.
23. Shale Oil in Kazakhstan. Ed. Kuandykov B.M., Bigarayev A.B. Proceedings of the Kazakhstan Society of Petroleum Geologists. Shymkent. Issue 10. 2023. 217 p.

Сведения об авторах:

Ажгалиев Дулат Калимович, доктор геолого-минералогических наук, заместитель генерального директора по производству ТОО «PetroGas WK», 060003, г. Атырау, Республика Казахстан, ул. Мухтара Ауэзова, 28-в, офис 302. ORCID ID: 0000-0001-9770-0473. E-mail: dulat.azhgaliev@gmail.com.

Ажгалиев Талгат Дулатович, магистр делового администрирования, руководитель проектов ТОО «RAMS QAZAQSTAN». 050016, г. Алматы, Республика Казахстан, ул. Джамбула, д.106. ORCID ID: 0009-0004-8091-1839. E-mail: talgat.azhgaliyev@gmail.com.

Author's personal details

Azhgaliev Dulat Kalimovich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy General Director for Production of PetroGas WK LLP.

060003, Atyrau, Republic of Kazakhstan, Mukhtar Auezov street, 28-v, office 302. ORCID ID: 0000-0001-9770-0473. E-mail: dulat.azhgaliev@gmail.com

Azhgaliyev Talgat Dulatovich, Master of Business Administration, Project Manager of RAMS QAZAQSTAN LLP. 106 Dzhambula Street, 050016, Almaty, Republic of Kazakhstan. ORCID ID: 0009-0004-8091-1839. E-mail: talgat.azhgaliyev@gmail.com.

© Ажгалиев Д. К., Ажгалиев Т. Д.

**ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАССЕЯННОГО
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧОКРАКСКИХ ПОРОД
ЗАПАДНО-КУБАНСКОГО ПРОГИБА**

© Пинчук Татьяна Николаевна

© Микерина Татьяна Борисовна

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»,
г. Краснодар, Российская федерация

Аннотация. В работе приведены результаты геохимических исследований чокракских отложений в пределах северо-западной и южной частей Западно-Кубанского прогиба. Целью статьи является анализ по результатам большого количества лабораторных исследований керн с учетом ранее опубликованных материалов. На основе комплекса спектрометрических и химических методов (хроматографический анализ выделенных из керн хлороформенных битумоидов, инфракрасная спектрометрия и другие) определена степень катагенетической преобразованности нефтепроизводящих толщ чокрака. Установлено, что в разрезе чокракских отложений Южно-Андреевской площади выделяются три типа битумоидов: рассеянный сингенетичный ароматизированный, характеризующийся большой окисленностью; рассеянный сингенетичный остаточный, характеризующийся малым содержанием масел и высоким содержанием асфальтенов; битумоид нефтематеринской породы, отличающийся большой ароматичностью, малым содержанием длинных парафиновых цепей и умеренным окислением. На основе обобщения целого комплекса геохимических данных в чокракских отложениях северного борта и центральной части Западно-Кубанского прогиба (ЗКП) было определено пространственное расположение верхней катагенетической зоны газообразования и нефтегазообразования. Анализ геохимических данных показал, что увеличение содержания сапропелевой составляющей в рассеянном органическом веществе пород чокракского возраста в направлении к наиболее погруженной центральной части бассейна осадконакопления указывает на существование северного (основного) и южного (дополнительного) источников сноса обломочного материала. Нижнечокракские отложения в пределах северного борта Западно-Кубанского прогиба обладают наиболее благоприятными геохимическими показателями для генерации углеводородов. Степень катагенеза органического вещества пород чокрака изменяется в основном отложения чокракского возраста северного борта ЗКП вошли в главную зону нефтеобразования, за исключением северных районов, где степень преобразованности пород соответствует условиям позднего протокатагенеза. Чокракские отложения являются нефтегенерирующими, нефтепроизводящие свойства которых, а также миграционные процессы, происходившие в них, подтверждаются получением притоков и открытием промышленных скоплений углеводородов.

Ключевые слова: чокрак, анализ, битумоид, органическое вещество, катагенез.

Для цитирования: Пинчук Т. Н., Микерина Т. Б. Геохимическая характеристика рассеянного органического вещества чокракских пород Западно-Кубанского прогиба // Геология. Известия Отделения наук и Земле и природных ресурсов. – 2025. – №2. – С. 29-41. DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-29-41

**GEOHIMICAL CHARACTERISTICS OF DISSEMINATED ORGANIC
SUBSTANCE OF THE CHOKRAKIAN ROCKS
OF THE WESTERN KUBAN DEPRESSION**

© Pinchuk Tatyana Nikolaevna

© Mikerina Tatyana Borisovna

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Kuban State University»,
Krasnodar, Russian Federation

Summary. The paper presents the results of geochemical studies of the Chokrak deposits within the northwestern and southern parts of the West Kuban trough. The objective of the article is to analyze the results of a large number of laboratory core studies, taking into account previously published materials. Using a combination of spectrometric and chemical methods (chromatographic analysis of chloroform bitumens isolated from the core, infrared spectrometry, etc.), the degree of catagenetic transformation of the oil-producing strata of the Chokrak was determined. It was established that three types of bitumens are distinguished in the section of the Chokrak deposits of the South Andreevskaya area: dispersed syngenetic aromatized, characterized by high oxidation; dispersed syngenetic residual, characterized by low oil content and high asphaltene content; bitumen of the oil source rock, distinguished by high aromaticity, low content of long paraffin chains and moderate oxidation. Based on a comprehensive analysis of geochemical data from Chokrak deposits on the northern flank and central part of the West Kuban Trough (WKT), the spatial location of the upper catagenetic zone of gas and oil generation was determined. Analysis of geochemical data revealed that an increase in the sapropel content of dispersed organic matter in Chokrak-age rocks toward the most submerged central part of the sedimentation basin indicates the existence of northern (main) and southern (additional) provenance areas for clastic material. Lower Chokrak deposits within the northern flank of the West Kuban Trough possess the most favorable geochemical parameters for hydrocarbon generation. The degree of catagenesis of organic matter in Chokrak rocks varies primarily: Chokrak-age deposits on the northern flank of the WKT are included in the main oil generation zone, with the exception of northern regions, where the degree of rock transformation corresponds to conditions of late protocatagenesis. The Chokrak deposits are oil-generating, the oil-producing properties of which, as well as the migration processes that occurred in them, are confirmed by the receipt of inflows and the discovery of industrial accumulations of hydrocarbons.

Keywords: chokrakian, analysis, bitumen, organic matter, catagenesis.

Введение. Систематическое изучение геохимических особенностей чокракских отложений северного борта Западно-Кубанского прогиба (ЗКП) с целью оценки перспектив нефтегазоносности проводилось большим коллективом исследователей – А.М. Черненко, Н.И. Одинцовым, П.В. Бигуном, В.П. Колесниченко и др. (1999, 2014).

Микериной Т.Б. [6, 7]. впервые был изучен качественный и количественный состав органического вещества (ОВ) чокракских отложений, на основе комплекса спектрометрических и химических методов (хроматографический анализ выделенных из керна хлороформенных битумоидов, инфракрасная спектрометрия) определена степень его катагенетической преобразованности.

Для выделения генетических типов ОВ пород чокракского возраста в ходе настоящей работы под микроскопом были изучены шлифы в отраженном и проходящем свете. Результаты петрографического анализа отдельно для каждого стратиграфического подразделения чокрака показали, что основным источником обломочного материала являлся северный снос, и в малой степени южный. Сопоставление шлифов глинистых пород с обломочным материалом по площадям представлены на рисунке 1.

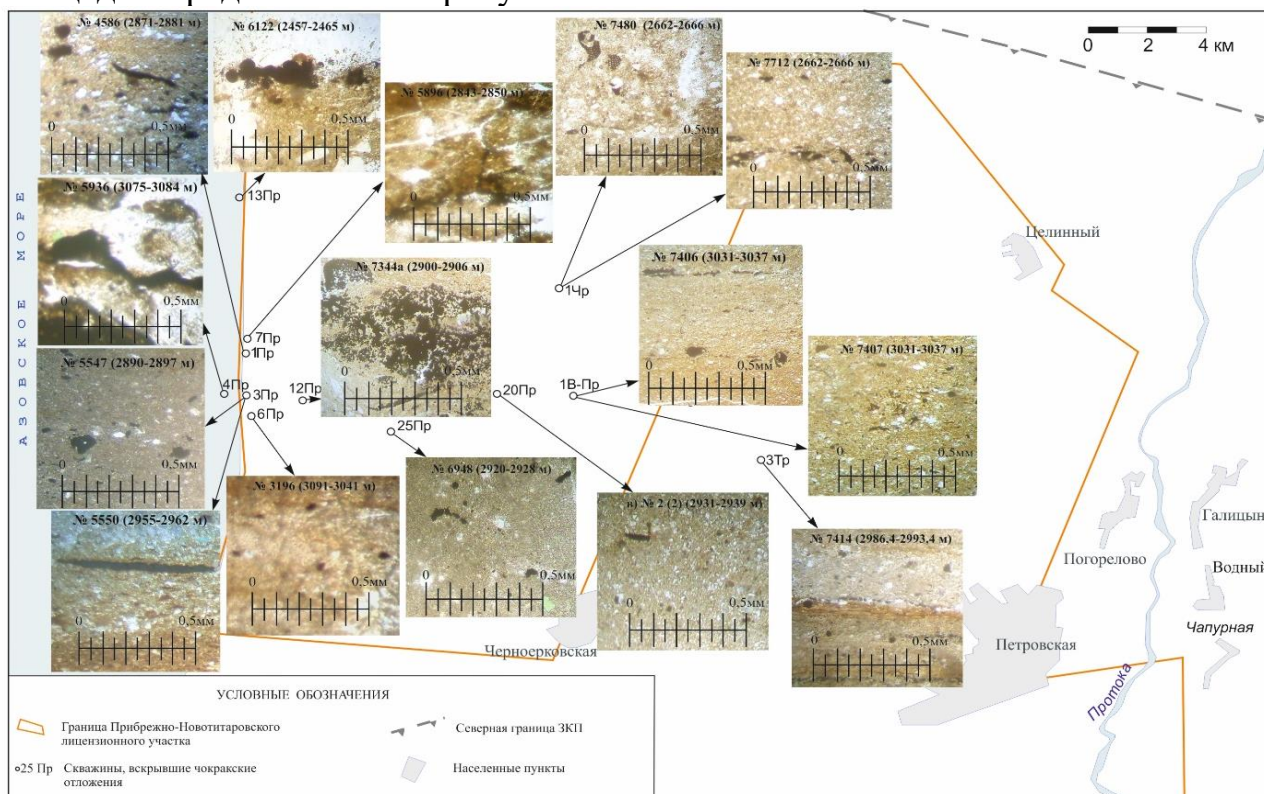


Рис. 1. Фотографии шлифов глинистых пород верхнего чокрака северного борта ЗКП

В основном рассеянное органическое вещество (РОВ) дисперсно-рассеянного типа, образует тонкую смесь с глинистой массой пород, встречается повсеместно. В центральных, наиболее глубоководных частях разреза, ОВ сапропелевое с примесью гумусовой органики. В северных районах, на Тимашевской ступени, ОВ представлено преимущественно гумусовым материалом (тонкими удлинёнными (0,05 – 0,2 мм) темно-коричневыми и буровато-красными растительными обрывками), что обусловлено близостью береговой линии [4].

Распределение геохимических параметров в глинистых породах верхнечокракских и нижнечокракских отложений северо-западной части ЗКП представлено на рисунке 2.

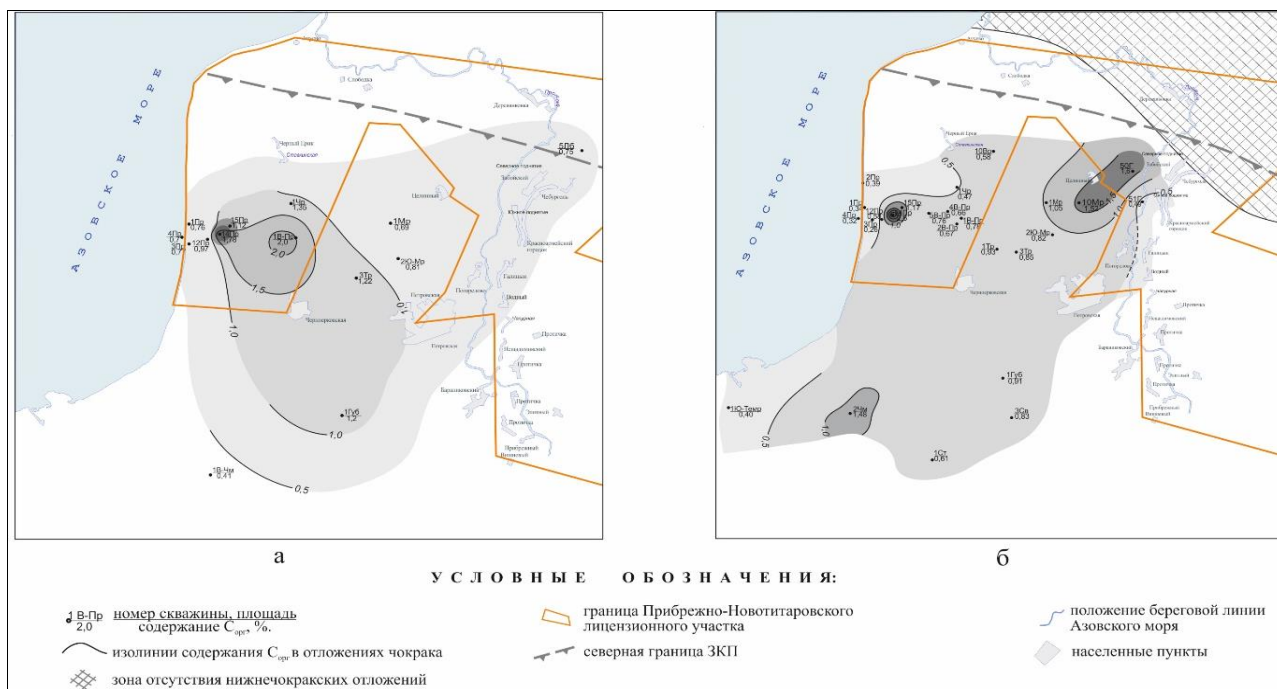


Рис.2 Схемы содержания органического углерода ($C_{орг}$) в глинистых отложениях верхнего (а) и нижнего (б) чокрак северо-западной части ЗКП [4].

В геохимическом плане наиболее изучены отложения чокрака в северо-западной части прогиба, на Прибрежной и Восточно-Прибрежной площадях. В пределах Прибрежной площади среднее содержание органического углерода $C_{орг}$ в чокрацких отложениях составляет 0,92 %, при изменении от 0,1 % (скважина № 15 Прибрежная, интервал 2925 – 2927 м) до 3,13 % (скважина № 14 Прибрежная, интервал 3045 – 3050 м). Достаточно высокое содержание $C_{орг}$ установлено в скважине № 1 Восточно-Прибрежной площади – в среднем 1,16 %. Наибольшие значения (2,56 и 2,08 %) отмечены в верхней и нижней части разреза (интервалы 2895 – 2890 м и 3031 – 3037 м соответственно), наименьшие – в нижней (0,56 – 0,66 %, интервал 3208,2 – 3224,5 м).

Породы чокрацкого возраста на севере и востоке от ЗКП охарактеризованы геохимическими исследованиями слабо. Так, в пределах Тимашевской ступени, в зоне развития маломощных отложений чокрака, содержание $C_{орг}$ в глинистых породах составляет 0,7 – 1,61 %, хлороформенного битумоида (ХБ) и спиртовобензольного битумоида (СББ) – до 0,0025 % (Лебединская площадь), в центральной части прогиба на Южно-Андреевской площади содержание $C_{орг}$ 0,3 – 1,3 %, ХБ – 0,41 %, на Южно-Чебургольской площади – ХБ – 0,026 – 0,065 %. Несмотря на широкий диапазон изменения значений (ХБ: 0,000156 0,06 % - верхний чокрак, 0,000156 – 0,08 % - нижний чокрак; СББ: 0,000313 – 0,01 % - верхний чокрак, 0,000125 – 0,01 % - нижний чокрак), основная доля всех изученных образцов керна содержит нейтральных

битумоидов не более 0,015 %, а спиртобензольных – не более 0,002 % (рисунки 3, 4).

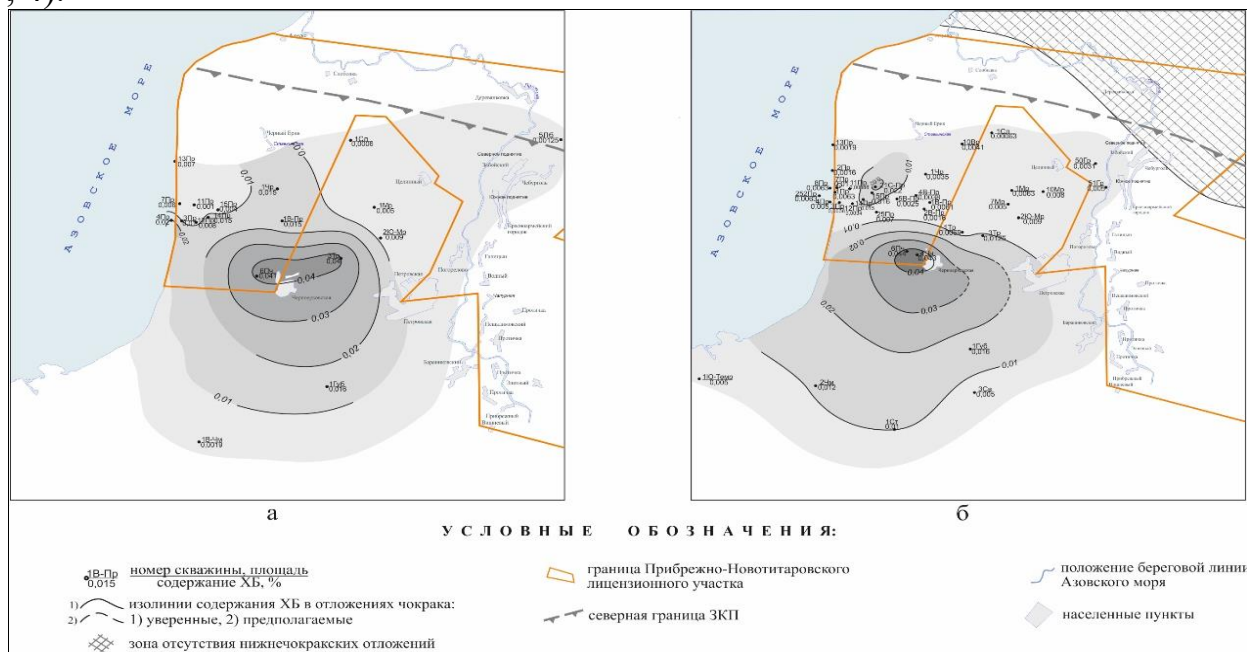


Рис.3 Схемы содержания хлороформенного битумоида в глинистых отложениях верхнего (а) и нижнего (б) чокрака северо-западной части ЗКП [4].

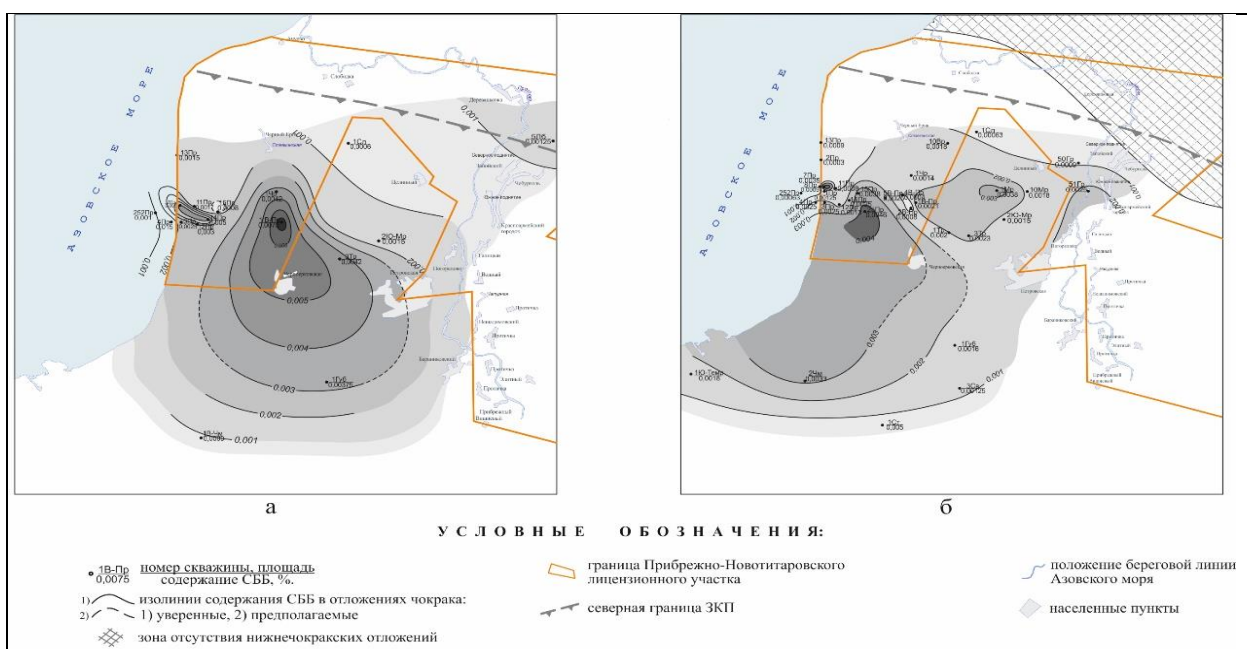


Рис.4. Схемы содержания спиртобензольного битумоида в глинистых отложениях верхнего (а) и нижнего (б) чокрака северо-западной части ЗКП [4]

Породы верхнего чокрака по содержанию $S_{орг}$ относятся к средним (основная часть скважин Прибрежной, Морозовской и Южно-Морозовской площадей) и богатым (скважина № 1 Восточно-Прибрежная, № 14 Прибрежная, № 3 Терноватая). Для нижнего чокрака – в основном к бедным и средним, за исключением отдельных зон (район скважин № 14 Прибрежная, № 10

Морозовская, № 2 Чумаковская) с повышенными концентрациями $C_{орг}$. Наибольшее количество определений $C_{орг}$ попадает в диапазон значений от 0,5 до 1 %

Глинистые породы верхне- и нижнечокракских отложений характеризуются схожим характером распределения содержания ХБ. Так, область повышенной концентрации ХБ (более 0,04 %) территориально приурочена к Песчаной и Терноватой площадям (для нижнего чокрака), относительно которой отмечена тенденция уменьшения параметра ХБ во всех направлениях.

По составу битумоиды глинистых пород чокрака преимущественно смолистые, реже встречаются маслянисто-смолистые. Так, в породах верхнего чокрака маслянисто-смолистые битумоиды отмечены только на западе территории по исследованиям (скважины 13 и 15 Прибрежная площадь). Доля маслянисто-смолистых битумоидов в породах нижнего чокрака существенно больше, чем в породах верхнего чокрака. При этом маслянисто-смолистые компоненты, как правило, преобладают на Песчаной (скважина 4 интервал 2994,5 – 3001 м): масляная фракция – 52,48 %, смолисто-асфальтеновая – 47,52 %), на Прибрежной, Восточно-Прибрежной, Черноерковской, Лебединской, Южно-Чебургольской (содержание масел до 71,18 %, асфальтенов – 4,05 – 15,72 %) и частично на Морозовской площадях.

В южной части прогиба (Терноватая, Губернаторская и Становая площади) и восточнее в центральной части (Южно-Андреевская площадь: преобладают смолы, содержание масел – 36,04 %, асфальтов – 15,31 - 21,43 %) и тип битумоидов сменяется на смолистый. Отмечено, что в областях повышенных концентраций ХБ, как правило, битумоиды – смолистого типа, а понижение содержания битумоидов сопровождается увеличением в составе маслянистых компонентов.

Области максимального содержания кислых битумоидов в породах верхнего чокрака, в пределах северо-западной части прогиба, приурочены к Прибрежной (0,005 %), Восточно-Прибрежной (0,007 %) и Губернаторской (0,00375 %) площадям. В породах нижнего чокрака – к Прибрежной (до 0,0043 %), Чумаковской (0,0033 %) и Морозовской (0,0038 %). Битумоиды чокракских отложений в пределах территории исследования являются автохтонными [1, 3], большую часть которых составляют остаточные, отдавшие свою миграционную часть ($\beta_{ХБ}$ – менее 1 %).

Для изучаемых геохимических параметров ($C_{орг}$, ХБ, СББ) пород чокракского возраста характерна следующая тенденция изменения с глубиной: постепенный рост, достижение максимальных значений на глубине 2400 – 3100 м и спад, обусловленный процессами эмиграции УВ (рисунок 5).

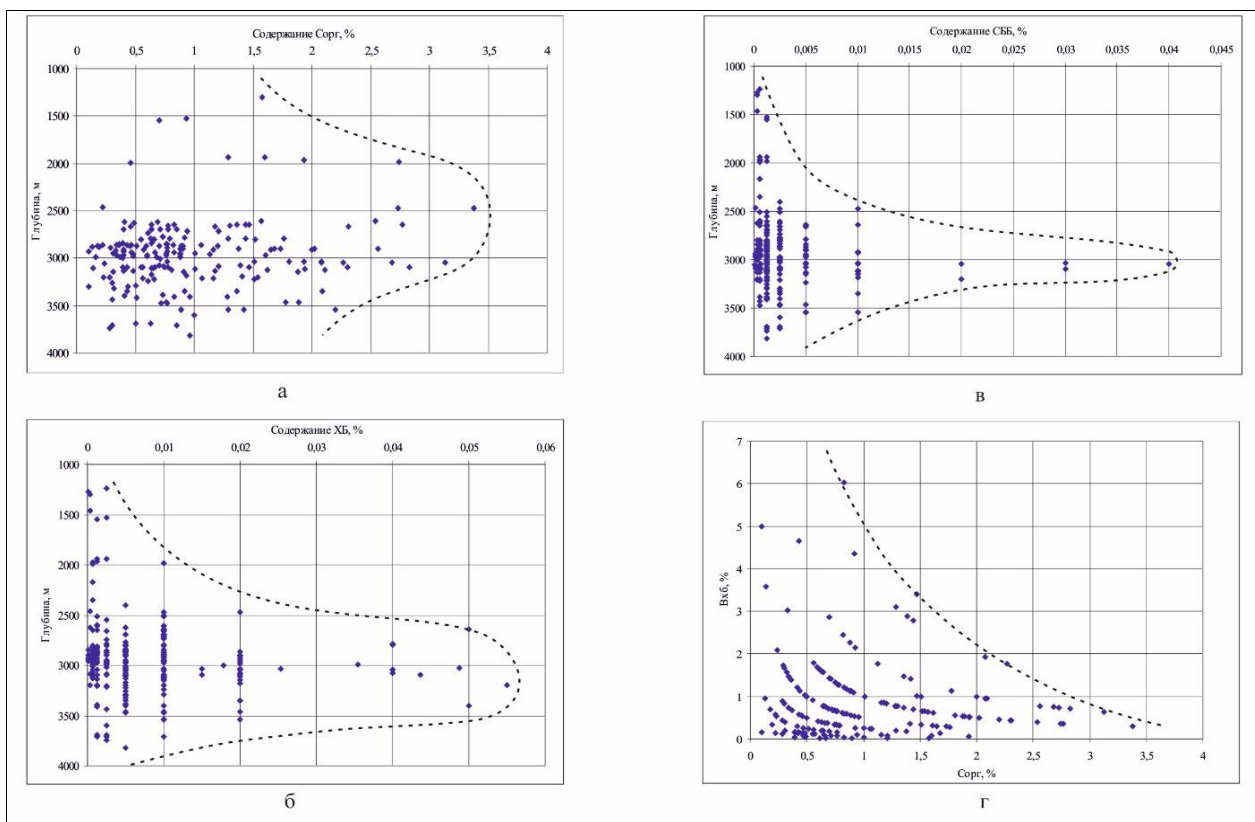


Рис. 5. Графики изменения содержания $C_{орг}$ (а), ХБА (б) СББ (в) от глубины залегания глинистых пород чокрака и зависимости степени битуминизации от содержания $C_{орг}$ (г)

Неотъемлемой частью геохимических исследований ОВ пород является оценка уровня его зрелости. В частности, для оценки степени катагенетической преобразованности ОВ пород чокрака использовались значения показателя преломления и отражательной способности витринита R^o , определенные в образцах пород, содержащих растительные углистые остатки. Так, в разрезе скважины № 11 Прибрежной на глубине 2810 – 2820 м показатель преломления составил 1,754, что соответствует R^o 0,5 – 0,64 %. По данным ИГиРГИ на северном борту ЗКП значения R^o в чокракских отложениях изменяются от 0,5 до 0,62 % (Морозовская, Южно-Морозовская, Западно-Беликовская площади). Приведенные данные свидетельствуют о нахождении ОВ чокракских пород северного борта ЗКП на начальной стадии катагенеза (конец ПК₃ – МК₁) [2, 4].

Изучение зависимости значений R^o от глубины залегания (рисунок б) позволило определить на разных площадях северного борта ЗКП верхние границы главной зоны нефтеобразования (ГЗН), варьирующие от 2,6 до 3,2 км. Верхний генерационный рубеж для чокракских отложений Сладковско-Морозовского и Прибрежного участков составляет около 2,6 км, в восточных районах несколько смещен, например, в скважине Кубанской сверхглубокой соответствует глубинам 3,2 – 3,25 км.

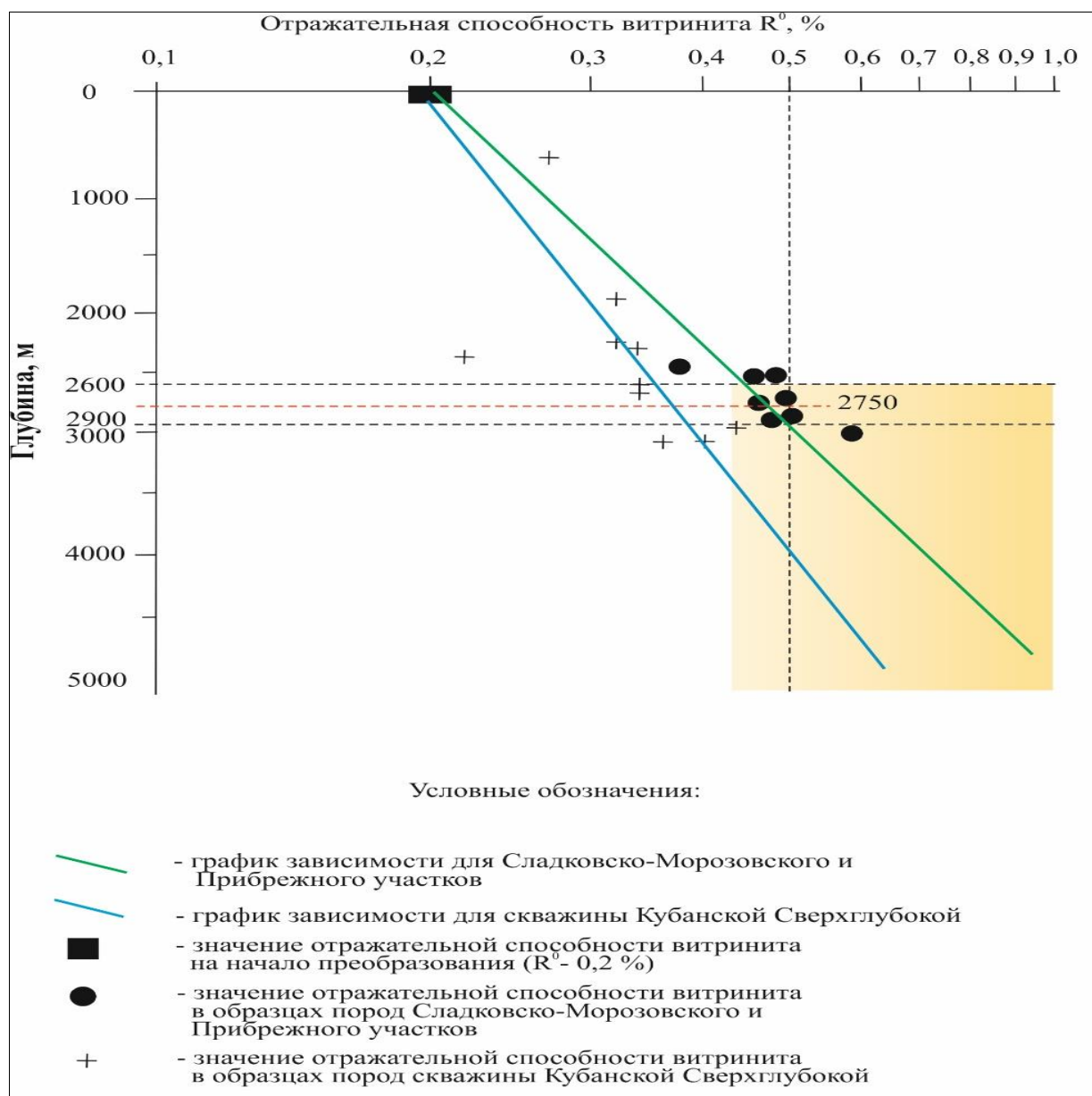


Рис.6 Зависимость отражательной способности витринита от глубины и положения «нефтяного окна» в чокракских отложениях северного борта ЗКП [1]

Также для изучения характера изменения степени преобразованности ОВ пород чокракского возраста в пределах изучаемой территории были привлечены результаты пиролитических исследований в модификации «Rock-Eval» и инфракрасной спектроскопии (ИКС), позволившие с определенной долей условности смоделировать катагенетический процесс.

Пиролитическим методом были исследованы (данные ИГиРГИ и МГУ) образцы по Морозовской, Гришковской, Западно-Беликовской, Терноватой, Губернаторской и Свистельниковской площадях. Степень преобразованности ОВ определялась на основе значений максимальной температуры выхода жидких углеводородов (УВ) (T_{max}), изменяющейся на Западно-Беликовской

площади (интервал 2815 – 2982 м) от 433 до 435 °С, на Терноватой (интервал 2780 – 2952 м) – от 428 до 435 °С, на Южно-Морозовской (интервал 2774 – 2868 м) – от 425 до 434 °С. В наиболее прогнутой части ЗКП в разрезе чокракских отложений скважины № 1 Губернаторской значения T_{\max} составляют 429,4 – 435 °С.

Использование результатов ИКС ХБ, их сопоставление с эталонными инфракрасными спектрами разных генетических типов ОВ (сапропелитов, гумито-сапропелитов, сапропелито-гумитов и гумолитов [5], и последующий анализ изменения структурно-группового состава ХБ с глубиной (повышение степени ароматизации, снижение числа кислородных структур, возрастание количества нафтеновых структур) позволили оценить с высокой степенью вероятности степень преобразованности ОВ пород.

По данным ИКС в ЗКП выделяются две области, в пределах которых чокракские отложения находятся в главной зоне нефтеобразования (ГЗН). Первая располагается в западной части северного борта ЗКП (площади Прибрежная, Восточно-Прибрежная, Морозовская и Западно-Морозовская) на глубине 2700 – 2800 м, характеризующаяся градацией катагенеза, соответствующей МК₁, реже ПК₃-МК₁. Здесь повышены значения теплового потока (1,17 – 1,52 мккал/см²), и породы находятся в зоне пластовых температур, превышающих 100 °С (такие температуры наиболее благоприятны для десорбции углеводородов) [7]. Севернее этой зоны градации катагенеза не превышают подстадии протокатагенеза ПК₃.

Второй очаг нефтегенерации находится в наиболее прогнутой центральной части ЗКП (в районе Губернаторской, Свистельниковской и Чумаковской площадей) с пониженными значениями теплового потока (в среднем 0,92 мккал/см²) на глубине более 3100 м, где степень преобразованности ОВ достигает в основном градации МК₁ и только на небольшом участке – МК₂. Первый очаг генерации мог служить источником нефтяных углеводородов для расположенных севернее и южнее площадей, второй – для чокракских залежей в центральной части ЗКП и, возможно, для расположенных севернее площадей в результате латеральной миграции.

На Южно-Сладковской площади чокракские отложения полностью вошли в ГЗН около 2,6 млн лет назад. На площадях Чумаковской, Свистельниковской, Западно-Морозовской. примерно 3,5 – 3,8 млн лет назад.

По результатам ИКС хлороформенного экстракта глинистых пород чокрака, отобранных из скважины № 21 Прибрежная, максимумы интенсивного поглощения отмечены в областях 1730 – 1700, 1650, 1600, 1460, 1387, 1280 – 1250, 1170, 1080, 1040, 960, 810, 740 и 720 см⁻¹. Анализ интенсивности основных полос поглощения и содержания ХБ (0,018 – 0,055 %), а также его структурно-группового состава позволил сделать вывод о рассеянном сингенетичном и сильноокисленном характере битумоида ОВ смешанного типа, находящегося в

период диагенеза в резко окислительных условиях. Вероятно, осадконакопление на этой территории происходило в зоне тальвега (зоне основных распределительных каналов), а после осадки подверглись переотложению в результате подвижек морского склона. При погружении остаточное исходное ОВ претерпевало катагенетические изменения, что привело к изменению группового состава ХБ в сторону его большей восстановленности [4].

В разрезе чокракских отложений Южно-Андреевской площади (по данным ИКС) выделяются три типа битумоидов: рассеянный сингенетичный ароматизированный, характеризующийся большой окисленностью (интенсивное поглощение в областях 1600, 810 и 750 см^{-1}); рассеянный сингенетичный остаточный, характеризующийся частотой поглощения 1740 см^{-1} , малым содержанием масел и высоким содержанием асфальтенов; битумоид нефтематеринской породы, отличающийся большой ароматичностью, малым содержанием длинных парафиновых цепей и умеренным окислением (рисунок 7).

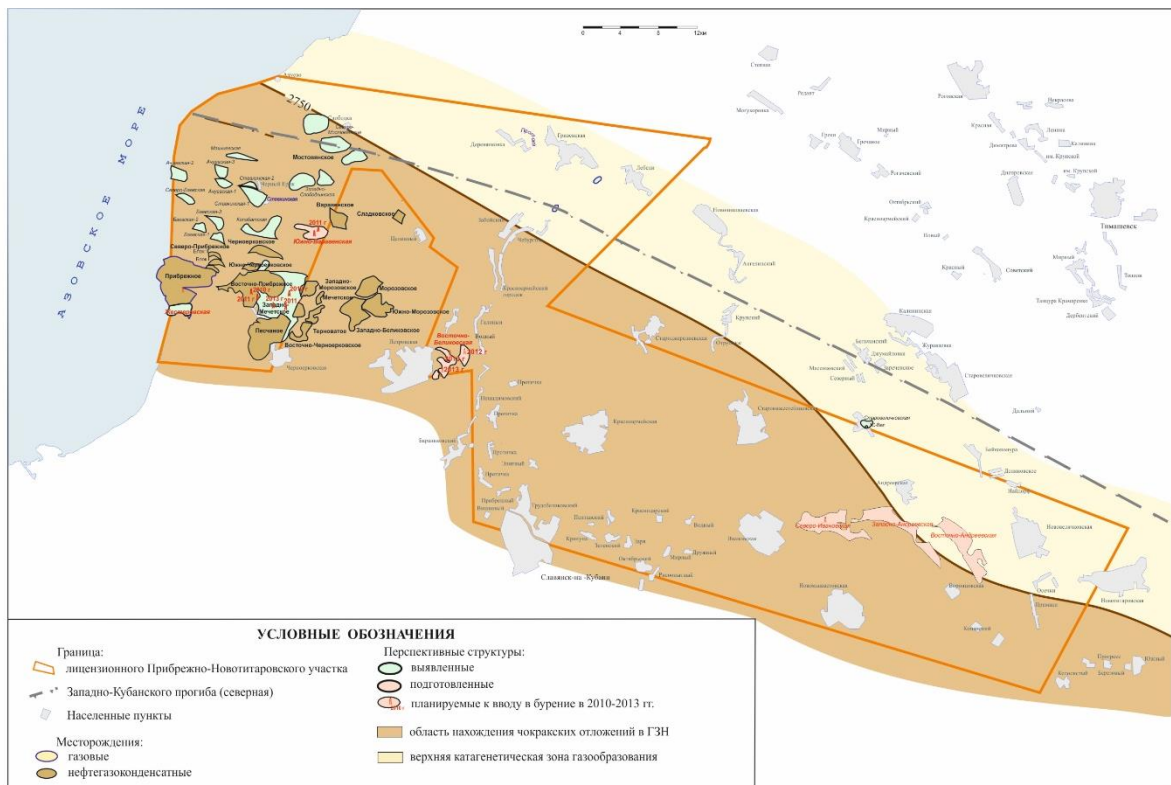


Рис. 7 Схема расположения главной зоны нефтеобразования (ГЗН) в чокракских отложениях северного борта ЗКП

По мнению Е.М. Глебовской [5] последний тип спектра свидетельствует о зрелости нефтематеринской породы, не отдавшей еще в силу каких-либо причин подвижных компонентов битумоида. Качественный и количественный состав битуминозных компонентов в разрезе Южно-Андреевской площади свидетельствует о том, что породы чокракских отложений генерируют УВ

(например, в скважине № 5 Южно-Андреевской, начиная с глубины 2750 м) и в разрезе существуют условия для их миграции. На основе обобщения целого комплекса геохимических данных в чокракских отложениях северного борта и центральной части ЗКП было определено пространственное расположение верхней катагенетической зоны газообразования и нефтегазообразования [3].

Выводы.

Анализ геохимических данных показал, что увеличение содержания сапропелевой составляющей в РОВ пород чокракского возраста в направлении к наиболее погруженной центральной части бассейна осадконакопления указывает на существование северного (основного) и южного (дополнительного) источников сноса обломочного материала.

Нижнечокракские отложения в пределах северного борта ЗКП обладают наиболее благоприятными геохимическими показателями для генерации углеводородов (УВ).

Степень катагенеза ОВ пород чокрака изменяется от ПК₃ до МК₁, т.е. в основном отложения чокракского возраста северного борта ЗКП вошли в ГЗН, за исключением северных районов, где степень преобразованности пород соответствует условиям позднего протокатагенеза. Чокракские отложения являются нефтегенерирующими, нефтепроизводящими свойствами которых, а также миграционные процессы, происходившие в них, подтверждаются получением притоков и открытием промышленных скоплений углеводородов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженова, О.К. Геология и геохимия нефти и газа / О.К. Баженова, Ю.К. Бурлин, Б.А. Соколов, В.Е. Хаин. М.: МГУ, 2000. 384 с.
2. Вассоевич, Н.Б. Циклы седиментации, литогенеза и нефтегазообразования. Осадочные бассейны и их нефтегазоносность / Н.Б. Вассоевич. М.: МГУ, 1975. С. 3–13.
3. Вассоевич Н.Б. Органическое вещество современных и ископаемых осадков и методы его изучения. М.: Наука, 1974. 344 с.
4. Вершовский В.Г. и др. Комплексный проект геологоразведочных работ в Предкавказье по территории деятельности и приоритетных интересов ОАО «Газпром». «Оценка генерационного потенциала караган-чокракских отложений по геохимическим и минералогическим данным пород и прогноз развития коллекторов с установлением источников сноса»: отчет о НИР (заключ.): 10Г/99.99 / СЕВКАВНИПИГАЗ; рук. Вершовский В.Г.; отв. исполнитель Бигун П.В. Ставрополь. 1999.
5. Глебовская, Е.А. Применение инфракрасной спектроскопии в нефтяной геохимии / Е.А. Глебовская. Л.: Недра, 1971. 141 с.
6. Влияние особенностей осадконакопления на состав и преобразованность органического вещества чокракских и майкопских отложений Западно-

Кубанского прогиба / М. Ю. Коноплев, Т. Б. Микерина, З. Х. Моллаев, В. И. Попков // Южно-российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2006. – № 4(17). – С. 44-51. – EDN KKYDKH.

7. Микерина, Т. Б. Катагенетическая преобразованность Чокракских и Майкопских отложений Западно-Кубанского прогиба / Т. Б. Микерина // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2007. № 8. С. 4-13. EDN IAOLJR.

REFERENCES

1. Bazhenova, O.K. Geology and Geochemistry of Oil and Gas / O.K. Bazhenova, Yu.K. Burlin, B.A. Sokolov, V.E. Khain. Moscow: Moscow State University, 2000. 384 p.
2. Vassoevich, N.B. Cycles of Sedimentation, Lithogenesis, and Oil and Gas Formation. Sedimentary Basins and Their Oil and Gas Potential / N.B. Vassoevich. Moscow: Moscow State University, 1975. pp. 3–13.
3. Vassoevich N.B. Organic Matter of Modern and Fossil Sediments and Methods of Its Study. Moscow: Nauka, 1974. 344 p.
4. Vershovsky V.G. et al. Integrated Project of Geological Exploration Work in the Ciscaucasia within the Territory of Operation and Priority Interests of OAO Gazprom. "Assessment of the Generation Potential of the Karagan-Chokrak Deposits Based on Geochemical and Mineralogical Data of Rocks and Forecast of Reservoir Development with Establishment of Provenance Sources": Research Report (Conclusion): 10G/99.99 / SEVKAVNIPIGAZ; Supervised by V.G. Vershovsky; Responsible Executor P.V. Bigun. Stavropol. 1999.
5. Glebovskaya, E.A. Application of Infrared Spectrometry in Petroleum Geochemistry / E.A. Glebovskaya. Leningrad: Nedra, 1971. 141 p.
6. The Influence of Sedimentation Features on the Composition and Transformation of Organic Matter in the Chokrak and Maikop Deposits of the West Kuban Trough / M. Yu. Konoplev, T. B. Mikerina, Z. Kh. Mollaev, V. I. Popkov // South-Russian Bulletin of Geology, Geography and Global Energy. – 2006. – No. 4(17). – P. 44-51. – EDN KKYDKH.
7. Mikerina, T. B. Catagenetic transformation of the Chokrak and Maikop deposits of the West Kuban trough / T. B. Mikerina // Geology, geophysics and development of oil and gas fields. 2007. No. 8. P. 4-13. EDN IAOLJR.

Сведения об авторах:

Пинчук Татьяна Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры нефтяной геологии, гидрогеологии и геотехники, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет». E-mail: pinchukt@mail.ru. ORCID: 0009-0001-2785-9574.

Микерина Татьяна Борисовна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры нефтяной геологии, гидрогеологии и геотехники, ФГБОУ

ВО «Кубанский государственный университет». E-mail: bitumoid@bk.ru.
ORCID: 0009-0002-4621-6299

Author's personal details:

Pinchuk Tatyana Nikolaevna, PhD in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Department of Petroleum Geology, Hydrogeology, and Geotechnics, Kuban State University. Email: pinchukt@mail.ru. ORCID: 0009-0001-2785-9574.

Mikerina Tatyana Borisovna, PhD in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Department of Petroleum Geology, Hydrogeology, and Geotechnics, Kuban State University. Email: bitumoid@bk.ru. ORCID: 0009-0002-4621-6299.

© Пинчук Т. Н., Микерина Т. Б.

**НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ГРАНИТОИДОВ ФУНДАМЕНТА
НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОЙМАША ³**

© **Попков Василий Иванович**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»,
г. Краснодар, Российская федерация

Аннотация. Падающая добыча и снижение ресурсной базы углеводородов в платформенном чехле нефтегазоносных бассейнов делают проблему поисков нефти и газа в глубокозалегающих осадочных комплексах и породах фундамента актуальной и практически значимой задачей. Несмотря на открытие во многих нефтегазоносных регионах мира промышленных скоплений углеводородов в магматических и метаморфических породах, слагающих фундамент осадочных бассейнов, до настоящего времени отсутствуют однозначные решения по ключевым теоретическим проблемам, таким как условия и факторы, контролирующие формирование в них резервуаров нефти и газа. Все это существенно затрудняет и замедляет геологоразведочный процесс в этих перспективных комплексах пород. Решение данных вопросов позволит более целенаправленно вести поисково-разведочные работы на нефть и газ, повысить их эффективность. В последние десятилетия, особенно после открытия крупных скоплений на шельфе Вьетнама, повышенный интерес привлекают гранитоидные интрузивы. В данной работе объектом исследований является Оймашинское нефтяное месторождение, по которому накоплен достаточно обширный геолого-геофизический материал, позволяющий определить закономерности размещения нефти в гранитном массиве. В процессе работы проанализированы материалы полевых геофизических исследований (сейсморазведки, грави- и магниторазведки), геофизических исследований скважин, пластоиспытаний и опробовательских работ в скважинах, данные о коллекторских свойствах пород, составе пластовых флюидов. Рассмотрены факторы, контролирующие формирование емкостных свойств гранитного массива. Предложена модель строения резервуара нефти в магматических породах. Сделаны рекомендации по доразведке месторождения. Полученные результаты могут быть использованы в практике геологоразведочных работ и в других нефтегазоносных регионах.

Ключевые слова: гранитная интрузия, коллектор, резервуар, залежь нефти, перспективы нефтегазоносности.

**OIL AND GAS CONTENT OF THE FOUNDATION GRANITOIDS
ON THE EXAMPLE OF THE OYMASH DEPOSIT**

© **Popkov Vasily Ivanovich**

Для цитирования: Попков В.И. Нефтегазоносность гранитоидов фундамента на примере месторождения Оймаша // Геология. Известия Отделения наук и Земле и природных ресурсов. – 2025. – №2. – С. 42-58. DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-42-58

Summary. *Declining production and a decrease in the hydrocarbon resource base in the platform cover of oil and gas basins make the search for oil and gas in deep-lying sedimentary complexes and basement rocks an urgent and practically significant task. Despite the discovery of industrial accumulations of hydrocarbons in igneous and metamorphic rocks forming the foundation of sedimentary basins in many oil and gas-bearing regions of the world, there are still no unambiguous solutions to key theoretical problems, such as the conditions and factors controlling the formation of oil and gas reservoirs in them. All this significantly complicates and slows down the exploration process in these promising rock complexes. Solving these issues will allow for more targeted exploration for oil and gas, and increase their efficiency. In recent decades, granitoid intrusions have attracted increased interest, especially after the discovery of large accumulations on the Vietnamese shelf. In this work, the object of research is the Oymashinskoye oil field, which has accumulated quite extensive geological and geophysical material that allows us to determine the patterns of oil placement in the granite massif. In the course of the work, materials from field geophysical studies (seismic, gravity and magnetic exploration), geophysical studies of wells, reservoir testing and testing work in wells, data on the reservoir properties of rocks, and the composition of reservoir fluids were analyzed. The factors controlling the formation of the capacitive properties of the granite massif are considered. A model of the structure of an oil reservoir in igneous rocks is proposed. Recommendations for additional exploration of the field have been made. The results obtained can be used in the practice of geological exploration in other oil and gas regions.*

Keywords: *granite intrusion, reservoir, oil Deposit, prospects for oil and gas potential.*

Введение. Магматические и метаморфические породы фундамента многими исследователями рассматриваются как возможный объект геологоразведочных работ на нефть и газ [1–10]. К настоящему времени в породах фундамента выявлено около 450 нефтегазовых месторождений и порядка ста из них находится в разработке. Коллекторами в фундаменте выступают участки дробления, кавернозности и трещиноватости пород, площадные и линейные коры выветривания и др. Покрышками обычно служат участки цементации, образовавшиеся в результате гидротермальных процессов, непроницаемые толщи основания осадочного чехла, верхние каолинитовые зоны коры выветривания фундамента и др.

Промышленные скопления углеводородов (УВ) встречены в породах различного состава. Однако, наиболее перспективны гранитоиды, с которыми связаны крупнейшие открытия последних десятилетий, особенно после обнаружения в них крупных скоплений нефти и газа на Вьетнамском шельфе [5, 6, 9, 11–13]. Первый опыт целенаправленного поиска месторождений УВ в гранитах фундамента в СССР был получен на п-ове Мангышлак, где в 1981 г. было открыто месторождение Оймаша [4].

В процессе разведки было предложено достаточно много моделей резервуара в гранитном массиве [14–18]. Не останавливаясь на их анализе, отметим лишь, что большинство из них было или чрезмерно схематичными, или же недостаточно подкреплено имеющимися даже в то время фактическими

геологическими материалами. Оймашинское нефтяное месторождение явилось первым в Советском Союзе, где был произведен подсчет запасов нефти в гранитном массиве фундамента, поставленные на государственный баланс, и начата их промышленная эксплуатация. Запасы нефти были оценены по залежам в нижний юре, в карбонатном комплексе среднего триаса и гранитной интрузии. При этом 80 % из них содержатся в гранитах. Принятая в подсчете запасов модель [19] позволила защитить запасы в ГКЗ и легла в основу техсхемы разработки месторождения. Но очень скоро стало ясно, что она не отвечает реальной геологической ситуации и требует серьезной корректировки.

В настоящей работе приведены основные сведения о геологии и нефтегазоносности фундамента месторождения Оймаша. Первой публикацией, в которой давалось обоснование перспектив нефтегазоносности данной площади, явилась статья, вышедшая в свет в 1981 г. [4], находившаяся в момент получения первого притока нефти в издательстве. В дальнейшем автор принимал участие в планировании геологоразведочных работ, выборе местоположения поисково-разведочных скважин, разработке методики прогноза зон разуплотнения в породах фундамента, составлении программы опытно-методических работ на Песчаномысском полигоне, отстаивании ее в Министерстве нефтяной промышленности и последующем обобщении полученных результатов. На примере месторождения Оймаша была разработана оригинальная модель нефтяного резервуара в гранитном массиве [20], введены в геологию резервуаров УВ такие понятия, как «явления термоусадки», «тектонический эффект» и др. [20–24], привнесенные нами из рудной геологии.

Несмотря на большой срок эксплуатации месторождения, многие данные о его строении остаются малоизвестными широкому кругу специалистов.

Результаты исследований. Представления об особенностях геологического строения и нефтегазоносности Оймашинской площади претерпели значительную эволюцию в процессе ее разбуривания. По первоначальным данным сейсморазведочных работ поднятие Оймаша рисовалось в виде брахиантиклинальной складки субширотного простирания с размерами 6,5×2,7 км и амплитудой около 30 м. В поисково-разведочное бурение поднятие было введено в 1978 г. в соответствии с проектом, предусматривавшим заложение поисковых скважин по традиционной методике, применяющейся для опознания антиклинальных структур. Бурение проектировалось на триасовые отложения, вскрытие интрузивно-метаморфического комплекса фундамента не предполагалось, т.к. на основании данных сейсморазведки считалось, что он залегает на значительных глубинах.

Однако первая пробуренная «сводовая» (как предполагалось) скважина № 9, пройдя весь разрез триаса, вошла в метаморфические породы, а затем вскрыла граниты. Уже в этой скважине были установлены признаки нефти в гранитах, были получены притоки нефти из метаморфических пород при

пластоиспытаниях, а из отложений триаса был получен приток нефти дебитом 250 м³/сут. Пробуренные затем скважины № 10 и 11 на периклиналях поднятия оказались по подошве триасовых отложений гипсометрически выше скважины № 9, но притоков из триаса в них не было получено. В тоже время, заложенная на северном крыле структуры скважина № 12 дала приток нефти из гранитов дебитом 350 м³/сут. Таким образом, не обнаружилось сколько-нибудь очевидной связи между гипсометрией нефтеносных объектов и продуктивностью скважин. Керновый материал свидетельствовал, что нефть получали из объектов, представленных интенсивно трещиноватыми породами, гидротермально измененными, химически выветрелыми. Это обстоятельство давало возможность предположить, что обнаруживаемые скопления нефти приурочены к участкам вторичного разуплотнения пород, которые пространственно и генетически связаны с зонами разрывных нарушений [4, 22].

Учитывая, что вторичные коллекторы сформированы в наиболее позднее время, и что нефть содержится в трещинах и пустотах наиболее поздних генераций, с целью прогноза зон повышенной новейшей тектонической трещиноватости был выполнен морфометрический анализ топокарт и изучены космоснимки этой территории [20, 25]. В результате было установлено, что Оймашинскому участку соответствует морфоаномалия, близкая к кольцевой, которая четко выделяется как на фотоснимках, так и на топокартах, соответствующая блоку фундамента, имевшему определенную автономию подвижек в новейшее время.

Существование блока подтверждалось и данными гравиметрических работ. В частности, установленная отрицательная аномалия поля силы тяжести оказалась приуроченной к наиболее приподнятому участку кровли гранитной интрузии (плотность гранитов ниже плотности вмещающих метаморфических пород), а конфигурация изоаномал четко соответствует западному полукольцевому ограничению выделенного блока, что, видимо, объясняется резким погружением склона гранитоидного интрузива на этом участке. Особенно четко подтвердили существование блока данные выполненной позже аэромагнитной съемки.

На этом основании была предложена модель Оймашинской нефтяной залежи (или залежей) в породах фундамента и, возможно, триаса, исходя из ее (или их) жильного типа [26]. При этом предполагалось, что наиболее интенсивные процессы разуплотнения пород должны протекать в зонах дизъюнктивного ограничения блока, хотя и допускалась возможность получения притоков нефти и в зонах тектонических нарушений, оперяющих или рассекающих блок. На этом основании были разработаны рекомендации по заложению целого ряда скважин на предполагаемые зоны трещиноватости. Последующие скважины № 16 и № 20 были заложены с учетом изложенных представлений о характере залежей. В скважине № 20 при испытании в колонне

были получены интенсивные проявления нефти из гранитов (периодический кратковременный приток) и из сланцев фундамента, а промышленный приток с дебитом 72 м³/сут. был получен при испытании нижней пачки триасовых отложений. В скважине № 18 при пластоиспытаниях были получены притоки нефти, газа и воды из измененных гранитов, но затем, возможно в связи с допущенным катастрофическим поглощением промывочной жидкости в процессе бурения, при испытании в колонне были получены лишь признаки нефти.

Непосредственно по предложенным рекомендациям было заложено еще 6 скважин (№№ 16, 22, 25, 26, 30, 31). Практически все скважины вскрыли зоны трещиноватости в доюрском разрезе. Промышленные притоки были получены из трещиноватых гранитов в скважинах № 16 и № 25, расположенных, как и ранее пробуренная скважина № 12, на границе блока, а также в скважине № 31, находящейся в зоне рассекающего блок нарушения. В скважине № 26 при разбуривании триасовых отложений отмечались интенсивные газопроявления, но при испытании в колонне притоки не были получены. В скважине № 22 из-за аварии опробование вскрытых ею сильно измененных гранитов было проведено некачественно. Скважина № 30 вскрыла измененные граниты, в которых хотя и отмечались нефтепроявления по трещинам, однако при пластоиспытании соответствующего интервала приток не был получен, а в колонне этот интервал не опробовался.

Таким образом, керновый материал свидетельствует о том, что все притоки получены из сильно трещиноватых и гидротермально измененных пород, имеющих узко локальное распространение. Данные бурения указывают также на приуроченность измененных пород к зонам разрывов. Так, скважина № 18 под отложениями триаса на глубине 3577 м вскрыла практически свежие граниты, а затем с глубиной вторичная измененность гранитов стала возрастать и, наконец, на глубине 3727 м скважина вошла в сильно трещиноватые, перемятые (до милонитов) граниты, прослеженные до глубины, по крайней мере, 3800 м. Далее с глубиной интенсивность изменения гранитов снижалась и скважина вновь вошла в неизменные граниты. Такая последовательность вскрытия измененных и неизменных гранитов и их милонитизация свидетельствует о том, что скважина пересекла зону крутопадающего тектонического нарушения. Аналогичным образом объясняется наличие более чем 270-метрового интервала разрушенных и сильно измененных гранитов в разрезе скважины № 12, а также трещиноватых и гидротермально измененных сланцев и разуплотненных гранитов в скважине № 9. В скважинах, не вскрывших неизменные породы, притоки нефти не были получены.

В итоге проведенных работ на Оймашинском участке были установлены залежи нефти в отложениях нижней юры, триаса и в гранитах фундамента. Из нижнеюрских отложений (базальный горизонт) приток нефти получен лишь в

одной скважине № 10. Из триасовых отложений высокодебитные притоки нефти были получены в скважине № 9 из известняково-вулканогенной толщи и в скважине № 20 из вулканогенно-доломитовой толщи среднего триаса. Кроме того, при пластоиспытаниях был получен приток нефти в скважине № 13 из известняково-вулканогенной толщи, а в скважине № 12 получен приток разгазированного раствора с пленками нефти из вулканогенно-известняковой толщи. В колонне эти объекты не опробовались.

Промышленные притоки нефти из гранитов были получены в скважинах №№ 12, 16, 25, 31. Слабые притоки нефти при опробовании отмечались в скважинах № 9 и № 20. Притоки УВ из гранитов при пластоиспытаниях были получены также в скважине № 18, а при опробовании в колонне промышленных притоков получить не удалось.

Притоки нефти были получены и из метаморфических пород фундамента: в скважине № 9 при пластоиспытании (14,4 м³/сут) и в скважине № 20 при опробовании (кратковременный приток).

Почти все скважины, давшие промышленные притоки нефти, вводились в эксплуатацию. Общая накопленная добыча по залежам только за 1981–1988 гг. составила 480 тыс.т, в том числе по залежи в гранитах 259,5 тыс.т.

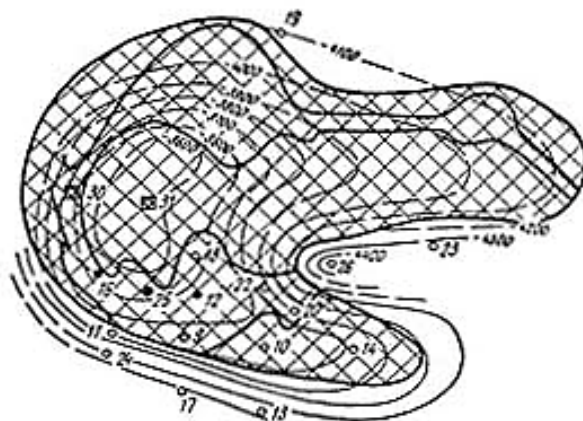
Открытая пористость гранитов, в зависимости от степени их измененности вторичными процессами, колеблется от 0,1 % до 12,4–13,4 %. Пластовые давление и температура составляют 149°С, 475,7 атм. Плотность нефти 0,832–0,841 г/см³, температура застывания +14°С. Компонентный состав газа: метан 66,55, этан 12,20, пропан 5,2, изобутан и н-бутан 2,4, изопентан и н-пентан 0,7, азот 11,42, кислород 1,53.

Как уже отмечалось, проведенные ранее исследования позволили высказать предположение о приуроченности скоплений УВ к зоне дезинтеграции гранитов, связанной с кольцевой системой разрывных нарушений в чехле фундамента, активизированных в новейшее время. Отсюда вытекало и заключение о преимущественно жильном типе залежи [26]. Накопленный позже материал, не противореча в целом этим выводам, свидетельствует о более сложном строении резервуара.

Обработка материалов ГИС, анализ керна и результатов опробований в скважинах позволяют говорить о существовании расслоенности гранитного массива, в результате чего образующиеся отдельные пластообразные тела достаточно четко прослеживаются по разрезу и площади. При вскрытии пластообразной зоны разуплотнения отмечаются увеличение скорости проходки, поглощения промывочной жидкости (иногда интенсивные), газопроявления (рис. 1). Проведение работ по интенсификации притока в этих интервалах показало значительное уменьшение градиента гидроразрыва пласта. Так, например, если в монолитных гранитах градиент гидроразрыва составляет 1,9–2,0 ед., то в зоне разуплотнения он понижается до 1,65–1,54 ед. Это также

свидетельствует о присутствии горизонтов с повышенной проницаемостью, что, в свою очередь, требует большого объема работ для ликвидации зоны кольматации при вызове притока.

А



Б

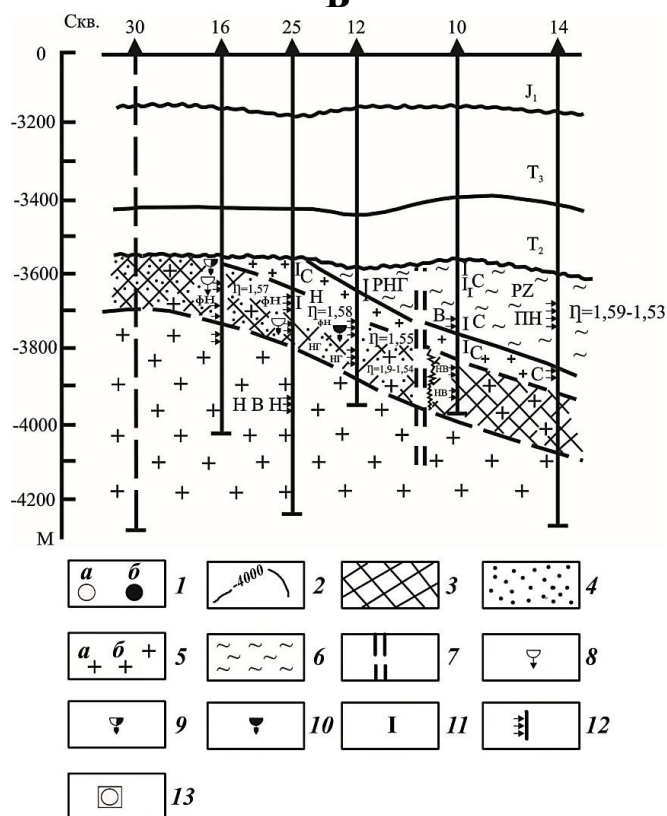


Рисунок 1 – Модель резервуара нефтяной залежи в гранитном массиве площади Оймаша [20],

где: А – структурная схема резервуара в плане, Б – геологический разрез, 1 – глубокие скважины (а – вскрывшие породы фундамента, б – давшие фонтанные притоки из гранитов); 2 – изогипсы по кровле гранитов, м; зоны: 3 – разуплотнения в гранитах, связанные с явлениями термоусадки, 4 – дробления, приуроченные к разрывным нарушениям; 5 – граниты;

а – крупнокристаллические, б – мелкокристаллические; б – метаморфические породы; 7 – разрывные нарушения; интервалы поглощения бурового раствора: 8 – незначительного (10–15 м³/сут), 9 – среднего (от 10 до 40 м³/сут), 10 – сильного; 11 – интервалы пластоиспытаний в открытом стволе, 12 – интервалы перфорации; 13 – скважины, находящиеся в бурении или строительстве. Характер полученного флюида по ИПГ: Н – нефть, НВ – нефть и вода, РНГ – раствор, нефть и газ; характер полученного флюида при испытании в колонне: ПН – перелив нефти, НВН – незначительный приток воды с нефтью, ФН – фонтан нефти; НВ – незначительный приток воды, НН – незначительный приток нефти, НВ – нефть и вода; С – пласт «сухой»

Граниты верхней части массива в тех случаях, когда они не подверглись интенсивной эрозии, сложены плотными мелкозернистыми разностями. Породы рассечены многочисленными, преимущественно вертикальными трещинами, залеченными кварцем, кальцитом, рудными минералами, битумом [8]. Максимальные значения мощности этой зоны достигают 60–100 м. В скважинах №№ 16, 18, 31, вскрывших наиболее эродированные участки массива, встречены более «глубокие» горизонты интрузии. Здесь же отмечается развитие маломощной площадной коры выветривания.

Выветрелые разности гранитов установлены в некоторых скважинах (№№ 9, 10) и в зоне контакта с метаморфическими породами.

Ниже зоны мелкокристаллических гранитов выделяется зона, где развиты преимущественно крупнозернистые разности пород, а также порфировидные граниты с кристаллами полевых шпатов до 1,5–3 см, иногда 5 см.

Для гранитов этой зоны характерны глинизация, пелитизация, серицитизация и хлоритизация полевых шпатов, наблюдается разрушение биотита с образованием вторичного мусковита, отчетливо видны следы корроирования карбонатами зерен кварца [8]. Плотность пород составляет 2,54–2,69 г/см³. Открытая пористость колеблется от 3,4 до 7%, достигая иногда 12,4%. Перечисленные выше осложнения, возникающие при проводке скважин, приходится именно на эту зону.

Ниже по разрезу, в тех случаях, когда скважина не подсекает разрывное нарушение, залегают практически не измененные граниты. Окраска их беловато-серая, минералы имеют четкую форму, мусковитизация биотита отмечается редко. Зеленоватая окраска, почти постоянная для пород вышележащих зон как следствие хлоритизации плагиоклазов, здесь не отмечена. Величина открытой пористости резко снижается (0,24–0,46 %), а плотности возрастает (2,65–2,71 г/см³).

Отмеченные выше неоднородности в строении гранитного массива находят отражение и в геофизической характеристике разреза. Для средней зоны или зоны разуплотнения, свойственны резкие колебания величин сопротивления, увеличение диаметра ствола скважин. Наличие менее плотных горизонтов подтверждается и данными акустического каротажа. Неизменным разностям

пород присущи монотонная запись электрокаротажа и близкий к номинальному диаметр скважин.

Таким образом, имеющийся фактический материал позволяет предполагать развитие в гранитной интрузии пластообразных участков разуплотнения. Максимально разрушены граниты и в случае пересечения этих горизонтов разрывными нарушениями (скважины №№ 12, 16, 18, 25).

Следовательно, можно говорить о том, что модель резервуара в гранитном массиве несет в себе элементы как пластового, так и жильного характера. Образование пластообразной зоны разуплотнения связано с явлениями термоусадки в момент раскристаллизации гранитоидной магмы [23, 24], в то время как жильной зоны – с разрывными нарушениями. Последняя имеет определяющий характер.

В 2013 г. на месторождении Оймаша с целью поиска новых нефтегазоперспективных объектов и прогноза зон распространения трещинно-кавернозных коллекторов в доюрских отложениях, апробирована технология CSP (Common Scattering Point - метод общей рассеивающей точки) [27], разработанная российскими специалистами (рис. 2).

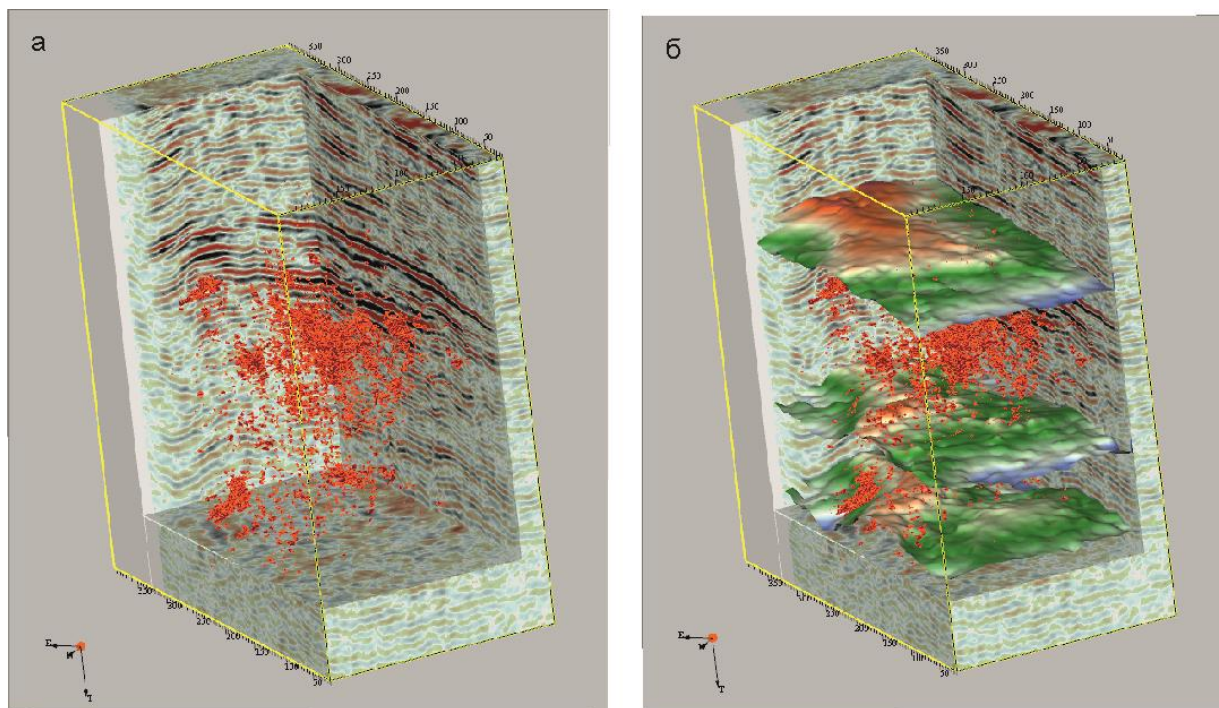


Рисунок 2 – Сопоставление кубов рефлекторов и дифракторов импортированных в интерпретационный проект: а) куб рефлекторов и дифракторов, б) совместное представление кубов рефлекторов и дифракторов с изохронными поверхностями по горизонтам V_1 , V_2 и V_6 [27].

Сущность метода связана с использованием инновационной технологии обработки и интерпретации сейсмических материалов, на математически точном решении обратной задачи рассеяния в акустическом приближении по данным многократных перекрытий. В результате обработки получены два куба данных: куб данных отраженных волн и куб данных рассеянных волн. Куб отраженных волн (рефлекторов) используется для корреляции целевых горизонтов и построения разломно-блоковой структуры. Куб рассеянных волн (дифракторов) используется для изучения трещинно-кавернозных коллекторов.

Куб индекса акустических неоднородностей (ИАН) послужил основой для получения площадного и вертикального распределения динамики дифракторов в исследуемых интервалах разреза (рис. 3).

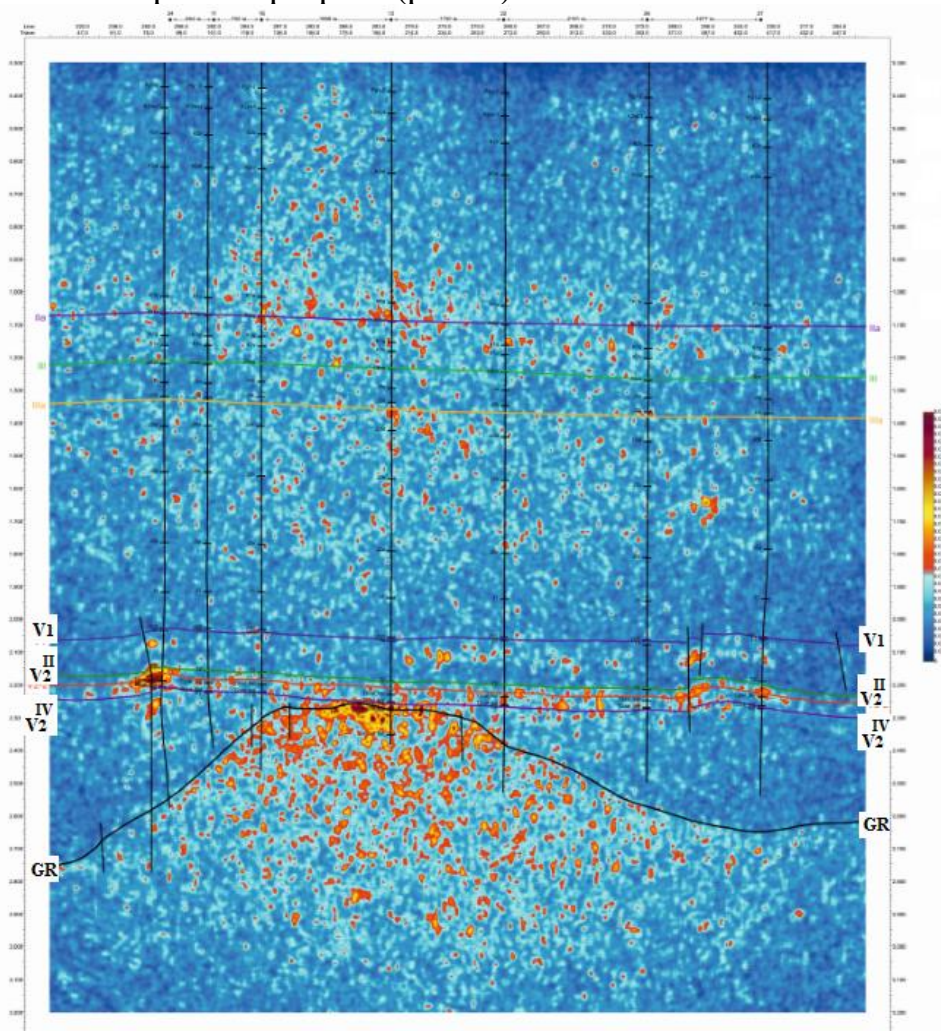


Рисунок 3 – Оймаша. Временной срез куба рассеянных волн по скважинам №№ 24–11–1Э–22–27 [27].

Для прогноза зон развития трещинно-кавернозных коллекторов по палеозойским и триасовым породам были построены и проанализированы карты индекса акустической неоднородности (суммарные значения амплитуд

рассеянных волн) во временных интервалах, соответствующих продуктивным горизонтам (рис. 4).

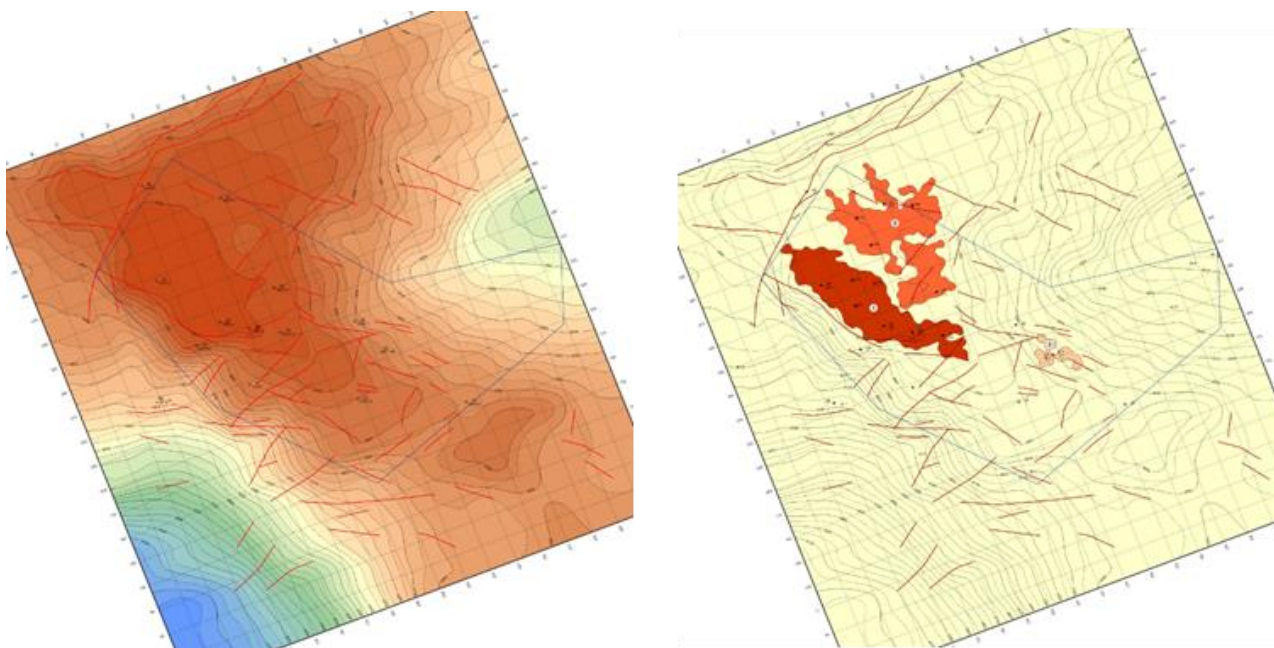


Рисунок 4 – Оймаша. Структурная карта кровли гранитной интрузии (слева) и карта перспектив (индекса акустической неоднородности) нефтегазоносности гранитной интрузии: темно-красный цвет на карте справа – наиболее перспективные участки [27]

Основные выводы, положительные и отрицательные результаты проведенных работ [27].

1. Положительные. Выделены высокоперспективные участки по обнаружению залежей УВ в гранитоидах фундамента и карбонатах среднего триаса. В результате обработки сейсмических данных методом CSP в волновом поле куба дифракторов граница интрузии выделяется по резкому увеличению энергии рассеивающей компоненты.

2. Отрицательные. Как и в материалах середины 80-х годов прошлого века, в волновом поле отраженных волн, а также их атрибутов гранитная интрузия отображается слабо. На большей части вертикальных срезов по сейсмическому кубу 3Д волновое поле в гранитах не отличается от поля метаморфических вмещающих пород (субпараллельные, переменнo-амплитудные отражения), схожи они и в поле динамических атрибутов.

Заключение. Не вызывает сомнения, что месторождение Оймаша осталось недоразведанным. Так, по материалам гравirazведки к северо-востоку от разведочных скважин №№ 30, 31 выделяется обширный блок, имеющий сходные структурно-тектонические условия с продуктивным блоком, который

не охвачен бурением. В его пределах выделяется участок с благоприятными коллекторскими свойствами (см. рис. 4), представляющий практический интерес.

Не установлена нижняя граница нефтегазоносности фундамента. Учитывая материалы керна, отобранного в поисково-разведочных скважинах, результаты интерпретации сейсморазведки МОГТ-3Д методом CSP, нижняя граница нефтегазоносности гранитоидов Оймаша располагается, возможно, гораздо глубже уровня разведанных запасов. Этаж нефтегазоносности залежи в гранитах Оймаша порядка 250 м, скважина № 12 Оймаша прошла бурением по гранитам 267 м, но и на забое 3905 м были подняты трещиноватые граниты со следами выветривания, содержащие в трещинах подвижную нефть [4, 28]. К примеру, этаж нефтегазоносности залежи в гранитах Белый Тигр – 1500 м.

Остается совершенно не изученной залежь в метаморфических породах – вероятный резерв прироста запасов нефти.

Для выявления и оконтуривания зон разуплотненных (трещиноватых) пород-коллекторов гранитном интрузиве и метаморфических пород целесообразно проведение высокоразрешающих сейсморазведочных работ 3Д с использованием метода сейсмолокации бокового обзора (СЛБО), хорошо зарекомендовавшего себя в других регионах.

Приведенные сведения о строении месторождения Оймаша могут оказаться полезными при планировании и проведении поисково-разведочных работ и в других регионах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Муслимов Р.Х.* Потенциал фундамента нефтегазоносных бассейнов – резерв пополнения ресурсов углеводородного сырья в XXI веке // Георесурсы. 2003. Т. 12. № 4. С. 2–5.
2. *Муслимов Р.Х., Плотникова И.Н.* Кристаллический фундамент осадочных бассейнов – ключ к пониманию процессов нефтидогенеза // Углеводородный и минерально-сырьевой потенциал кристаллического фундамента. Казань: Ихлас, 2019. С. 237–240.
3. *Амельченко Н.Б., Масагутов Р.Х., Ахметзянов Р.В., Курбангалеева К.С.* Зоны коры выветривания архей-нижнепротерозойского основания Южно-Татарского свода и особенности их площадного развития. Георесурсы. 2017. Т. 19. № 3. С. 264–271. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.3.18>.
4. *Попков В.И.* Перспективы поисков залежей нефти и газа в породах фундамента Мангышлака // Освоение нефтяного Мангышлака. Грозный, 1981. С. 7-11.
5. *Арешев Е.Р., Донг Ч.Л., Кареев Ф.А.* Нефтегазоносность гранитоидов фундамента на примере месторождения Белый Тигр // Нефтяное хозяйство. 1966. № 8. С. 50–58.

6. *Богоявленский В.И., Дзюбло А.Д., Иванов А.Н., Богоявленский И.В., Никонов Р.А.* Нефтегазность кристаллического фундамента шельфа Вьетнама: Белый Тигр и Дракон // Геология нефти и газа. 2016. № 5. С. 25–31.
7. *Гаврилов В.П.* Нефтегазоносность гранитов // Геология нефти и газа. 2000. № 6. С. 44–49.
8. *Попков В.И., Серебряков А.О.* Нетрадиционные нефтегазоносные объекты. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2009. 183 с.
9. *Горюнов Е.Ю., Нгуен М.Х.* Основные черты и закономерности строения месторождений нефти и газа в фундаменте Кылулонгской впадины (Вьетнам) // Геология нефти и газа. 2018. № 2. С. 97–103. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-2-97–103.
10. *Леонов М.Г.* Кристаллические протрузии как типовая структурно-тектоническая модель интрагранитных залежей углеводородов // Геотектоника. 2019. № 3. С. 24–41. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0016-853X2019324-41>.
11. *Поспелов В.В.* Петрофизическая модель и фильтрационно-емкостные свойства пород фундамента южного шельфа Вьетнама по керновым данным // Актуальные проблемы геологии нефти и газа / Ред. В.П. Гаврилов. М.: Изд-во «Нефть и газ». 2005. С. 175–186.
12. *Isaev V. I., Nguen H. B.* Cavitation in Oil-Gas Reservoirs of the Crystalline Basement from the Well Logging Data on the White Tiger Field in Vietnam // Russian Journal of Pacific Geology. 2013. № 7(4). pp. 237–246. doi: 10.1134/S1819714013040040.
13. *Huy X.N., Bae Wisup, San T.N., Xuan V.T., Sung Min J., Kim D.Y.* Fractured Basement Reservoirs and Oil Displacement Mechanism in White Tiger Field, Offshore Vietnam // Online Journal for E&P eoscientists. 2012. <http://www.searchanddiscovery.com/pdfz/abstracts/html/2012/90155ice/abstracts/nguyen.pdf.html> examples from Indonesia, USA and Venezuela. Geological Society, London, Special Publications. V. 214. pp. 83–92. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2003.214.01.05>.
14. *Асмолов В.С.* О возможности обнаружения на Мангышлаке новых типов месторождений нефти и газа (на примере месторождения Оймаша) // Информ. листок Мангышлакского ЦНТИ. № 30–31. Шевченко, 1984. 6 с.
15. *Козмодемьянский В.В.* Модель Оймашинского нефтяного месторождения // Информ. листок Мангышлакского ЦНТИ. № 46–84. Шевченко, 1984. 5 с.
16. *Крымгольц Е.Г.* Об условии залегания нефти на месторождении Оймаша (Южный Мангышлак) // Тр. ВНИГРИ. Л., 1982. С. 81–90.
17. *Куприн П.Н.* Сочленение гранитов и сланцевых пород на площади Оймаша (Южный Мангышлак) // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. 1985. № 1. С. 35–41.

18. *Махутов К.А.* Геологическая модель газонефтяного месторождения Оймаша // Информ. листок Мангышлакского ЦНТИ. № 85. Шевченко, 1987. 5 с.
19. *Чербянова Л.Ф., Федулова Н.В., Коростышевский М.Н.* Нефтяная залежь в гранитах месторождения Оймаша // Изв. АН Каз. ССР. Сер. Геология. 1988. № 5. С. 67–77.
20. *Попков В.И., Рабинович А.А., Туров Н.И.* Модель резервуара нефтяной залежи в гранитном массиве // Геология нефти и газа. 1986. № 8. С. 27–31.
21. *Попков В.И., Дорофеев В.И., Дорофеева Л.Е., Малютина А.Е.* Факторы, контролирующие образование фильтрационно-ёмкостных свойств в гранитном массиве месторождения Оймаша // Южно-Российский Вестник геологии, географии глобальной энергии. 2004, №3(9). Т. I. С.297–298.
22. *Попков В.И.* Нефтегазоносность гранитов (на примере месторождения Оймаша) // Генезис нефти и газа: Материалы Международной конференции. М.: ГЕОС, 2006. С.140–142.
23. *Попков В.И., Попков И.В.* Контракция гранитов и формирование коллекторов нефти и газа // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов Академии наук Республики Башкортостан. 2020. № 27. С. 31–36.
24. *Попков В.И., Попков И.В.* Некоторые тектонофизические аспекты формирования коллекторов нефти и газа в гранитном массиве // Пятая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН. Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле: Материалы докладов всероссийской конференции с международным участием. М.: ИФЗ. 2020. С. 548–552.
25. *Попков В.И., Тимурзиев А.И.* Отражение гранитных интрузий фундамента в рельефе полуострова Мангышлак // Изв. Вузов. Геология и разведка. 1983. № 6. С. 142–145.
26. *Паламарь В.П., Попков В.И., Праздников А.В., Рабинович А.А.* Прогнозирование нефтегазоносности и совершенствование методики поисков и разведки скоплений углеводородов и низкопроницаемых породах // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. № 3. 1985. С. 107–110.
27. *Попков В.И., Попков И.В., Крутин А.А.* Новые данные о строении резервуара нефтяной залежи в гранитном массиве и перспективы доразведки месторождения Оймаша // Булатовские чтения: материалы IV Международной научно-практической конференции (31 марта 2020 г.). Т. 1: Прогноз, поиск и разведка месторождений нефти и газа. Нефтегазопромисловая геология. Разведочная и промысловая геофизика. 2020. С. 155–161.
28. *Попков В.И., Попков И.В.* Структура фундамента Мангышлака и Устюрта по геофизическим данным // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ. 2020. № 27. С. 52–57.

REFERENCES

1. Muslimov R.H. The potential of the foundation of oil and gas basins as a reserve for replenishing hydrocarbon resources in the 21st century. 2003. Vol. 12. No. 4. pp. 2-5.
2. Muslimov R.Kh., Plotnikova I.N. The crystalline basement of sedimentary basins is the key to understanding the processes of naphthidogenesis // Hydrocarbon and mineral resource potential of the crystalline basement. Kazan: Ikhlas, 2019. pp. 237-240.
3. Amelchenko N.B., Masagutov R.Kh., Akhmetzyanov R.V., Kurbangaleeva K.S. Zones of the weathering crust of the Archean-Lower Proterozoic base of the South Tatar arch and features of their areal development. Geo resources. 2017. Vol. 19. No. 3. pp. 264-271. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.3.18>
4. Popkov V.I. Prospects of prospecting for oil and gas deposits in the rocks of the Mangyshlak basement // Development of oil Mangyshlak. Grozny, 1981. pp. 7-11.
5. Areshev E.R., Dong Ch.L., Kareev F.A. Oil and gas content of basement granitoids on the example of the White Tiger deposit // Oil industry. 1966. No. 8. pp. 50-58.
6. Bogoyavlensky V.I., Dzyublo A.D., Ivanov A.N., Bogoyavlensky I.V., Nikonov R.A. Oil and gas content of the crystalline basement of the shelf of Vietnam: The White Tiger and the Dragon // Geology of oil and gas. 2016. No. 5. pp. 25-31.
7. Gavrilov V.P. Oil and gas content of granites // Geology of oil and gas. 2000. No. 6. pp. 44-49.
8. Popkov V.I., Serebryakov A.O. Unconventional oil and gas facilities. Astrakhan: Astrakhan University Publishing House, 2009. 183 p.
9. Goryunov E.Yu., Nguyen M.H. The main features and patterns of the structure of oil and gas deposits in the basement of the Kyulong depression (Vietnam) // Geology of oil and gas. 2018. No. 2. pp. 97-103. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-2-97-103.
10. Leonov M.G. Crystalline protrusions as a typical structural and tectonic model of intragranitic hydrocarbon deposits // Geotectonics. 2019. No. 3. pp. 24-41. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0016-853X2019324-41> .
11. Pospelov V.V. Petrophysical model and filtration-capacitance properties of the basement rocks of the southern shelf of Vietnam according to core data // Actual problems of the geology of oil and gas / Ed. by V.P. Gavrilov. Moscow: Publishing house "Oil and Gas". 2005. pp. 175-186.
12. Isaev V. I., Nguen H. B. Cavitation in Oil-Gas Reservoirs of the Crystalline Basement from the Well Logging Data on the White Tiger Field in Vietnam // Russian Journal of Pacific Geology. 2013. № 7(4). pp. 237–246. doi: 10.1134/S1819714013040040.
13. Huy X.N., Bae Wisup, San T.N., Xuan V.T., Sung Min J., Kim D.Y. Fractured Basement Reservoirs and Oil Displacement Mechanism in White Tiger Field, Offshore Vietnam // Online Journal for E&P eoscientists. 2012. <http://www.searchanddiscovery.com/pdfz/abstracts/html/2012/90155ice/>

abstracts/nguyen.pdf.html examples from Indonesia, USA and Venezuela. Geological Society, London, Special Publications. V. 214. pp. 83–92. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2003.214.01.05>.

14. Asmolov V.S. On the possibility of discovering new types of oil and gas deposits in Mangyshlak (using the example of the Oymasha field) // Inform. leaflet of the Mangyshlak Central Research Institute. № 30–31. Shevchenko, 1984. 6 p.
15. Kozmodemyansky V.V. Model of the Oymashinsky oil field // Inform. leaflet of the Mangyshlak Central Research Institute. № 46–84. Shevchenko, 1984. 5 p.
16. Krymgolts E.G. On the condition of oil occurrence at the Oymasha field (Southern Mangyshlak) // VNIGRI. L., 1982. pp. 81-90.
17. Kuprin P.N. Articulation of granites and shale rocks in the Oymasha area (Southern Mangyshlak) // Bulletin of the Moscow University. Ser. 4. Geology. 1985. No. 1. pp. 35-41.
18. Makhutov K.A. Geological model of the Oymasha gas and oil field // Inform. leaflet of the Mangyshlak Central Research Institute. № 85. Shevchenko, 1987. 5 p.
19. Cherbyanova L.F., Fedulova N.V., Korostyshevsky M.N. An oil deposit in the granites of the Oymasha deposit // Izv. AN Kaz. SSR. Ser. Geologiya. 1988. No. 5. pp. 67-77.
20. Popkov V.I., Rabinovich A.A., Turov N.I. Model of an oil reservoir in a granite massif // Geology of oil and gas. 1986. No. 8. pp. 27-31.
21. Popkov V.I., Dorofeev V.I., Dorofeeva L.E., Malyutina A.E. Factors controlling the formation of filtration-capacitance properties in the granite massif of the Oymasha deposit // South Russian Bulletin of Geology, Geography of Global Energy. 2004, No. 3(9). T. I. pp.297-298.
22. Popkov V.I. Oil and gas bearing capacity of granites (on the example of the Oymasha deposit) // Genesis of oil and gas: Proceedings of the International Conference. Moscow: GEOS, 2006. pp.140-142.
23. Popkov V.I., Popkov I.V. Contracting granites and the formation of oil and gas reservoirs // Geology. Proceedings of the Department of Earth Sciences and Natural Resources of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan. 2020. No. 27. pp. 31-36.
24. Popkov V.I., Popkov I.V. Some tectonophysical aspects of the formation of oil and gas reservoirs in the granite massif // Fifth Tectonophysical Conference at the Institute of Physics and Technology of the Russian Academy of Sciences. Tectonophysics and current issues of Earth sciences: Materials of reports of the All-Russian conference with international participation. Moscow: IFZ. 2020. pp. 548-552.
25. Popkov V.I., Timurzиеv A.I. Reflection of granite intrusions of the basement in the relief of the Mangyshlak peninsula // Izv. Vuzov. Geology and exploration. 1983. No. 6. pp. 142-145.
26. Palamar V.P., Popkov V.I., Pesestov A.V., Rabinovich A.A. Forecasting of oil and gas potential and improvement of methods of prospecting and

exploration of accumulations of hydrocarbons and low-permeable rocks // *Izv. VUZov. Geology and Exploration*. No. 3. 1985. pp. 107-110.27.

26. Попков В.И., Попков И.В., Крупин А.А. Новые данные о строении резервуара нефтяной залежи в гранитном массиве и перспективы доразведки месторождения Оймаша // Булатовские чтения: материалы IV Международной научно-практической конференции (31 марта 2020 г.). Т. 1: Прогноз, поиск и разведка месторождений нефти и газа. Нефтегазопромисловая геология. Разведочная и промысловая геофизика. 2020. С. 155–161.

27. Popkov V.I., Popkov I.V., Krupin A.A. New data on the structure of the oil reservoir in the granite massif and prospects for additional exploration of the Oymasha field // *Bulatov readings: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference (March 31, 2020)*. Vol. 1: Forecast, search and exploration of oil and gas fields. Oil and gas field geology. Exploration and commercial geophysics. 2020. pp. 155-161.

28. Popkov V.I., Popkov I.V. Structure of the foundation of Mangyshlak and Ustyurt according to geophysical data // *Geology. News of the Department of Earth Sciences and Natural Resources of the Academy of Sciences of the Republic of Belarus*. 2020. No. 27. pp. 52–57.

Сведения об авторе:

Попков Василий Иванович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», ул. Ставропольская, 149, 350049, г. Краснодар, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-2959-4901. E-mail: geoskubsu@mail.ru.

Author's personal details:

Popkov Vasily Ivanovich, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, Member of Russian Academy of Natural Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kuban State University, st. Stavropolskaya, 149, 350040, Krasnodar, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-2959-4901. E-mail: geoskubsu@mail.ru.

© Попков В. И.

DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-59-72

УДК 552.321.6+553.46

К ПРОБЛЕМЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ МАНТИЙНЫХ ДУНИТОВ

© Савельев Дмитрий Евгеньевич

Институт геологии

ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр

Российской Академии наук»,

г. Уфа, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются гипотезы происхождения дунитов в породах верхней мантии на примере ультрамафитов так называемых «мантийных разрезов» офиолитовых комплексов. Приведены аргументы в пользу образования дунитов путем твердофазной дифференциации материала верхней мантии, которая происходит на фоне пластического течения и частичного плавления ультрамафитов в зонах декомпрессии. Наиболее распространенным примером геодинамических обстановок данного типа являются рифтогенные. Главным фактором выделения мономинеральных оливиновых зон (слоев, полос) является значительный контраст в реологическом поведении главных минералов верхней мантии — оливина и ромбического пироксена. Первый является наиболее податливым, а второй — более «хрупким», что ведет к его распаду и образованию новых фаз (хромшпинелида, оливина, диопсида, амфибола и энстатита-2). Легкоплавкие минералы экстрагируются в частичный расплав, а тугоплавкие остаются в рестите. Таким образом дуниты представляют собой зоны локализации пластического течения, которые и обеспечивают подъем мантийных диапиров. Интенсивное течение оливин-хромитовой ассоциации ведет к сегрегации рудного минерала в виде тел хромититов в дунитовой оболочке.

Ключевые слова: дуниты, хромититы, офиолиты, ультрамафиты, верхняя мантия

ON THE PROBLEM OF MANTLE DUNITE ORIGIN

© Savelyev Dmitry Evgenievich

Institute of Geology

FGBNU "Ufa Federal Research Center"

Ufa, Russian Federation

Для цитирования: Савельев Д.Е. Нефтегазоносность гранитоидов фундамента на примере месторождения Оймаша // Геология. Известия Отделения наук и Земле и природных ресурсов. – 2025. – №2. – С. 59-72. DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-59-72

Summary. The article considers hypotheses of the origin of dunites in the rocks of the upper mantle using the example of ultramafic rocks of the so-called "mantle sections" of ophiolite complexes. Arguments are given in favor of the formation of dunites by solid-phase differentiation of the upper mantle material, which occurs against the background of plastic flow and partial melting of mantle peridotites in decompression zones. The most common example of geodynamic settings of this type are riftogenic. The main factor in the allocation of monomineralic olivine zones (layers, bands) is a significant contrast in the rheological behavior of the main minerals of the upper mantle - olivine and orthopyroxene. The first is the weak, and the second is strong, which leads to its disintegration and the formation of new phases (Cr-spinel, olivine, diopside, amphibole and enstatite-II). Low-melting minerals are extracted into a partial melt, and refractory ones remain in restite. Thus, dunites represent zones of localization of plastic flow, which provide the rise of mantle diapirs. Intensive flow of olivine-chromite association leads to segregation of ore mineral in the form of chromitite bodies in the dunite envelope.

Keywords: dunite, chromitite, ultramafic rocks, ophiolite, upper mantle

Введение. Проблема происхождения дунитов из так называемых «мантийных разрезов» офиолитовых комплексов, которые часто включают в себе экономически значимые залежи хромититов является на сегодняшний день одной из главных для понимания процессов дифференциации вещества верхней мантии и мантийного рудогенеза. На протяжении более 100 лет изучения офиолитовых комплексов, предлагались различные пути ее решения, которые в петрологическом смысле можно сгруппировать в четыре главные концепции. Наиболее ранней гипотезой является магматическая, в рамках которой образование дунитов связывалось с кристаллизационной дифференциацией или с ликвацией [1,2,3]. Второй подход предполагал, что дуниты являются продуктом метасоматической «оливинизации» мантийных перидотитов при взаимодействии их с магнезиальными флюидами [4,5]. Третья, близкая ко второй, гипотеза появилась в 1990-е годы [6] и быстро нашла сторонников во всем мире [7,8]. Разница заключается лишь в том, что главным процессом, ответственным за образование дунитов и хромита является процесс реакции просачивающихся сквозь мантию расплавов (базальтового либо преимущественно – бонинитового состава) с перидотитами. Четвертая гипотеза появилась сравнительно недавно [9,10] и ниже на ее основе будет рассмотрена дифференциация мантийного материала в результате взаимодействия двух основных процессов: восходящего пластического течения мантийных перидотитов и их частичного плавления. Ниже приведены аргументы в пользу последнего механизма, названного «реоморфическим» в предыдущих работах [9,11].

Методы исследований. В основу выводов, которые приведены в данной работе, положены результаты, полученные автором при изучении мантийных разрезов нескольких офиолитовых массивов Урала, включая Крака, Нурали, Миндяк, Рай-Из, Сыум-Кеу, Кемпирсай. Образцы ультрамафитов исследованы различными методами, среди которых главными являются оптическая петрография (изучение шлифов и полированных препаратов в проходящем и отраженном свете на микроскопах ПОЛАМ Р-311, 312, Olympus R-51), сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) (микроскоп Vega Tescan Compact с энерго-дисперсионным спектрометром (ЭДС) Xplorer 15 Oxford Instruments, ИГ УФИЦ РАН, Уфа), микроструктурные исследования с применением дифракции обратно-рассеянных электронов (EBSD) на основе СЭМ (микроскоп Mira 3 Tescan, ИПСМ РАН, Уфа).

Фактический материал. Офиолитовые массивы, близкие по составу к материалу верхней мантии Земли, имеют широкое распространение в складчатых поясах. В классическом понимании [12] в офиолитах выделяют так называемый «мантийный разрез», представленный лерцолитами, гарцбургитами и подчиненными дунитами; и коровый разрез существенно габброидного состава. Между ними выделяется переходный мантийно-коровый комплекс существенно пироксенитового состава.

Состав «мантийного разреза» может варьировать от массива к массиву, что обычно связано с разной степенью истощения (деплетирования) исходного мантийного вещества. Минимально истощенными (деплетированными) считаются массивы лерцолитового типа, наиболее истощенными – массивы гарцбургитового типа. Лерцолитовые массивы по составу наиболее близки к пиролиту, то есть исходному материалу верхней мантии [13]. На Урале к данному типу относят массивы Крака, Нурали, Миндяк, иногда также – массив Сыум-Кеу на Полярном Урале.

Основа мантийного разреза обычно представлена либо гарцбургитами (в массивах так называемого «гарцбургитового типа»), либо лерцолитами (в массивах «лерцолитового типа»). В обоих типах массивов выделяют участки относительно однородного строения и участки с ярко выраженной полосчатостью, которая обусловлена вариациями в количественных соотношениях породообразующих минералов (высокомагнезильного оливина, ромбического и моноклинного пироксенов), а также хромшпинелида. Специфическими породами мантийного разреза в обоих типах массивов являются дуниты – мономинеральные оливиновые породы с аксессуарным хромшпинелидом, содержание которого может варьировать в очень широких пределах, переходя в рудные образования – хромититы.

Дуниты могут быть частью так называемой дунит-перидотитовой полосчатости, образуя «полосы» шириной от первых миллиметров до десятков метров, а могут формировать сетчатые жилы и штокверки, которые переходят в

так называемый шлирово-полосчатый дунит-гарцбургитовый комплекс. В литературе приводятся многочисленные примеры развития «эпигенетических» дунитовых жил по перидотитам. Наиболее ярко они выражены в хорошо препарированных обнажениях массивов Полярного Урала (Войкаро-Сыншинский, Сыум-Кеу, Рай-Из). Важнейшим достижением исследователей 1960-80-х годов является признание за перидотитами мантийных разрезов офиолитов их тектонитовой природы, а сами породы принято называть «мантийными тектонитами» [14,15,16].

Хромититы всегда залегают только внутри дунитов, при этом мелкозернистые вкрапленные (бедные) руды часто вмещаются обширными дунитовыми телами, для них весьма характерны полосчатые текстуры, макроструктурные элементы, свидетельствующие об их образовании в условиях пластического течения (складки, будинаж). Напротив, массивные крупнозернистые залежи («типично подиформные») отделяются от перидотитов узкой дунитовой оболочкой (*dunite envelope*), боковые перидотиты почти всегда обогащены пироксенами, имеют массивный облик. Между двумя крайними типами существуют постепенные переходы. Наиболее часто проявления переходного типа нами встречались в пределах массивов Крака. Следует также заметить, что хотя дуниты являются постоянным спутником хромититов, однако безрудные тела развиты значительно более широко.

Таким образом, для построения модели дифференциации вещества верхней мантии, ключевой проблемой является объяснение природы дунитов, и частного случая – формирования в них рудных хромитовых концентраций. В последнем случае необходимо объяснить: 1) источники и механизмы образования новых зерен (кристаллов) хромшпинелидов и 2) механизм образования массивных руд в дунитах.

Обсуждение. Реологические свойства форстерита и энстатита.

Геофизические данные и построения говорят о том, что ниже границы Мохоровичича невозможно образование трещин, царят условия истинной пластичности (условия дислокационной ползучести сплошной кристаллической среды). Это заключение находится в полном соответствии с тем, что ультрамафиты являются высокотемпературными тектонитами. Вывод: подъем мантийных диапиров в зонах декомпрессии не может происходить в виде блоков вдоль разломов (как в земной коре).

Возможны следующие варианты: 1) мантийный материал поднимается вследствие трансляционного скольжения, распространенного по всему объему поднимающегося участка мантии; 2) подъем локализован в зонах более интенсивного трансляционного скольжения, где сосредоточены наиболее податливые (реологически более слабые – weak) материалы.

Простой анализ «энергетической выгоды» и аналогия с коровыми процессами (разломы, флюидизированные «ослабленные зоны», кварцевые

жилы – как зоны более интенсивного течения) безоговорочно заставляют выбрать второй вариант. Остается найти материалы-кандидаты для образования аналогичных квазиразломных зон в верхней мантии. Ключевым фактором является резкая разница в реологических свойствах двух главных минералов верхней мантии – оливина и ортопироксена. Это различие хорошо иллюстрируют петрографические особенности ультрамафитов [17]. Кроме того, эти различия также продемонстрированы экспериментальными исследованиями [18].

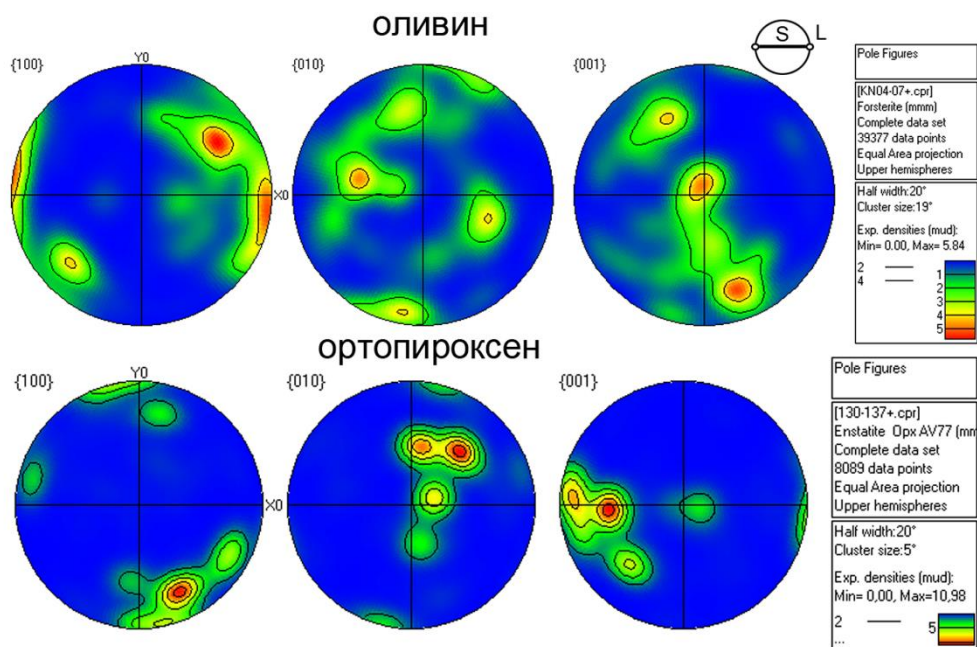


Рисунок 1 – Типичные текстурные диаграммы для оливина и ортопироксена из офиолитовых ультрамафитов

Наблюдаемые различия являются, по-видимому, следствием внутреннего строения минералов. На изображениях, полученных методом просвечивающей электронной микроскопии хорошо видно, что кристаллическая решетка ортопироксена имеет одну предпочтительную плоскость для трансляционного скольжения (100), тогда как в оливине оно может идти вдоль нескольких плоскостей. Данное эмпирическое предположение подтверждается как экспериментальными исследованиями, которые указывают на преимущественное развитие в энстатите единственной системы скольжения с одной предпочтительной плоскостью скольжения, тогда как в оливине часто проявляются системы с «множественным скольжением» [16,19,20]. Микроструктурные данные, а именно — так называемые «синоптические» диаграммы также чаще указывают на сложные текстуры оливина, обусловленные множественным скольжением в направлении [100], реже — [001] (рис.1).

Петрографические свидетельства распада энстатита. Метод EBSD дает количественную характеристику таких процессов как динамическая рекристаллизация и позволяет определить структурные соотношения при образовании выделений новых фаз, связанных с деформацией минералов. На рис.2 приведен пример крупного деформированного зерна ортопироксена - порфирокласта, в его краевой части происходит рекристаллизация с образованием необластов, а вдоль линии перегиба образуются ламели диопсида, хромшпинелида и амфибола. По данным EBSD определяется система скольжения в порфирокласте ортопироксена: плоскость скольжения (100), а направление - [001]. Ламели клинопироксена формируются как когерентные с матрицей, включения шпинелида также имеют закономерную ориентировку – направление [001] включений совпадает с [001] матрицы.

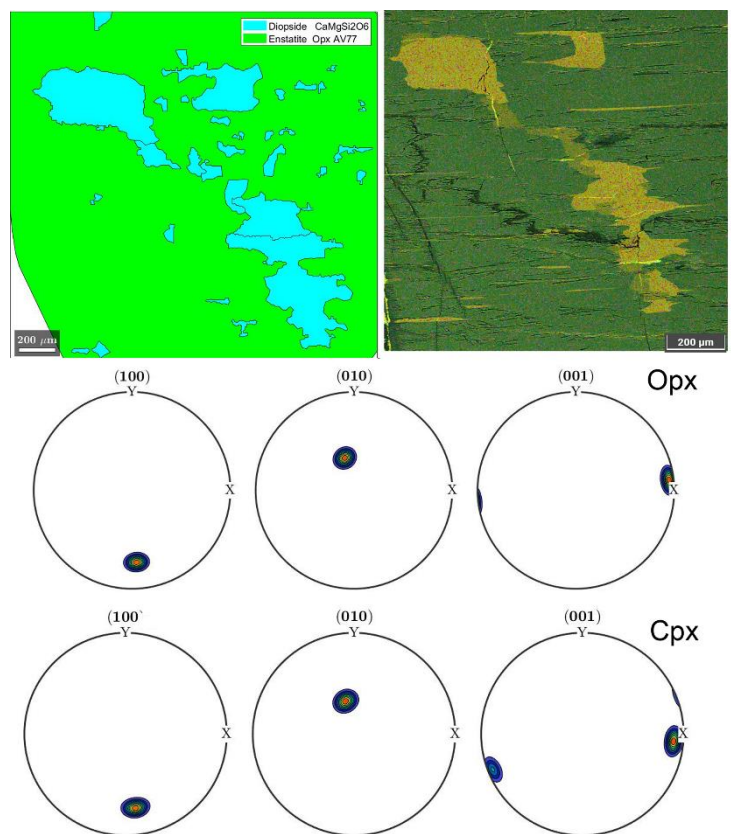


Рисунок 2 – Распад ортопироксена, вызванный пластической деформацией

На рис.3 приведен еще один пример вызванного деформацией образования ламелей диопсида и шпинели в ортопироксене. Система скольжения (100)[001], ламели образуются синхронно с деформацией в плоскости скольжения (100), в шпинели вдоль удлинения развито направление <110> плоскости ламели {111}.

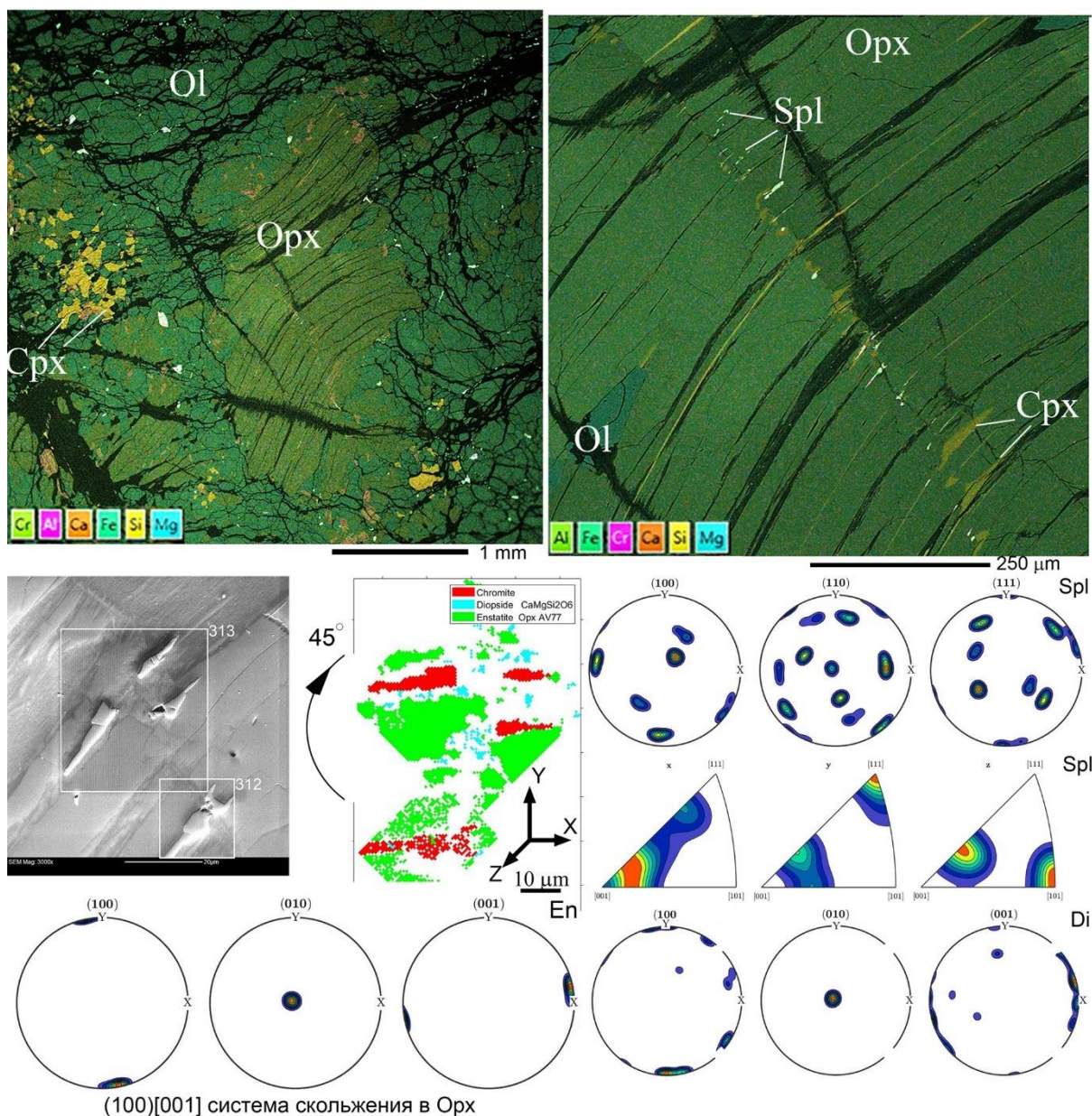


Рисунок 3 – Микроструктурные соотношения деформированного минерала-хозяина (энстатит) новых фаз (шпинелид и диопсид)

Таким образом, можно предложить следующую последовательность образования дунитов в первично однородном пиролите. Деформация инициирует распад пироксенов с прогрессирующим уменьшением их зерен, образованием в зонах рекристаллизации новых фаз, которые в последствии или остаются в рестите (энстатит-2, форстерит, хромшпинелид), либо формируют частичный расплав (диопсид, амфибол). Участки без пироксенов (или с очень малым количеством мелких зерен, не препятствующих пластическому течению) представлены дунитами, при этом концентрация хромшпинелидов

увеличивается. При прогрессирующем пластическом течении происходит укрупнение и сфероидизация зерен хромшпинели и сегрегация разных по свойствам минералов – оливина и хромшпинелида, что ведет к формированию хромититовых тел.

К расчету баланса вещества при образовании хромититов. Перейдем к балансу вещества в данном процессе. Нами был проведен расчет состава пироксенов по двум основным примесям, важным с точки зрения образования хромита. Использовано около 5000 анализов из свежих лерцолитов массивов Крака. Установлено, что в наименее деплетированных породах, близких к пиrolиту, пироксены содержат следующие количества: энстатит 5 мас.% Al_2O_3 и 1 мас.% Cr_2O_3 , диопсид 6,5 мас.% Al_2O_3 и 1,5 мас.% Cr_2O_3 (рис.4). При этом хром полностью идет на образование хромшпинелида, алюминий разделяется на образование хромшпинелида и амфибола, который формирует частичный расплав. Данное предположение подтверждается находками ксеноморфных выделений высокоглиноземистого амфибола в лерцолитах, часто в ассоциации с железистыми минералами (пирротин, пентландит, аварунит).

Баланс вещества для образования хромититов рассмотрим на примере уникального по запасам Главного рудного поля Кемпирсайского массива. Возьмем для простоты расчета 1 куб км пиrolита. Переведя его в дунит указанным выше способом, получаем 15 млн тонн оксида хрома из пироксенов или 30 млн тонн сплошной хромовой руды металлургического типа. Для того, чтобы образовать все уникальные месторождения южной части Кемпирсайского массива с общими запасами 300 млн тонн, необходимо перевести в дунит 10 куб. км пиrolита. Площадь Главного рудного поля Кемпирсая 150 кв. км. Если взять в глубину всего 2 км, получим 300 куб.км, что составит таким образом всего 3,5% от всего объема мантийного диапира. Предположим, что половина хромшпинелидов рассеяна в оставшейся части безрудных дунитов и тогда это составит 7%, что представляет вполне реальное значение.

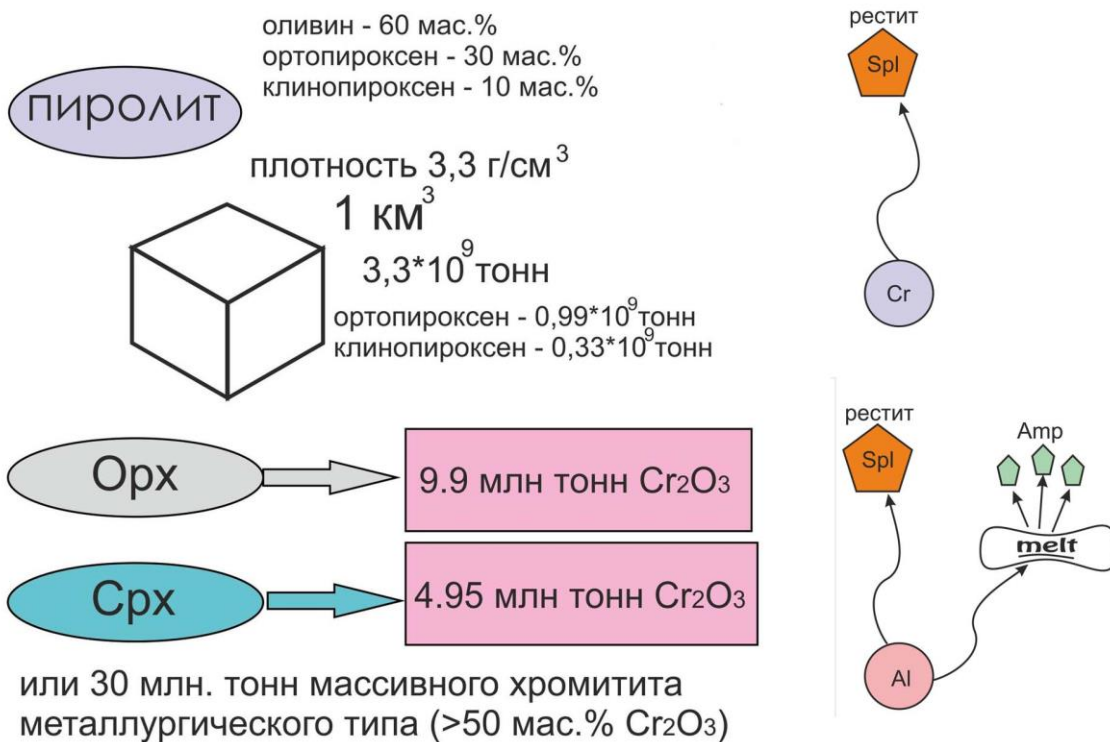
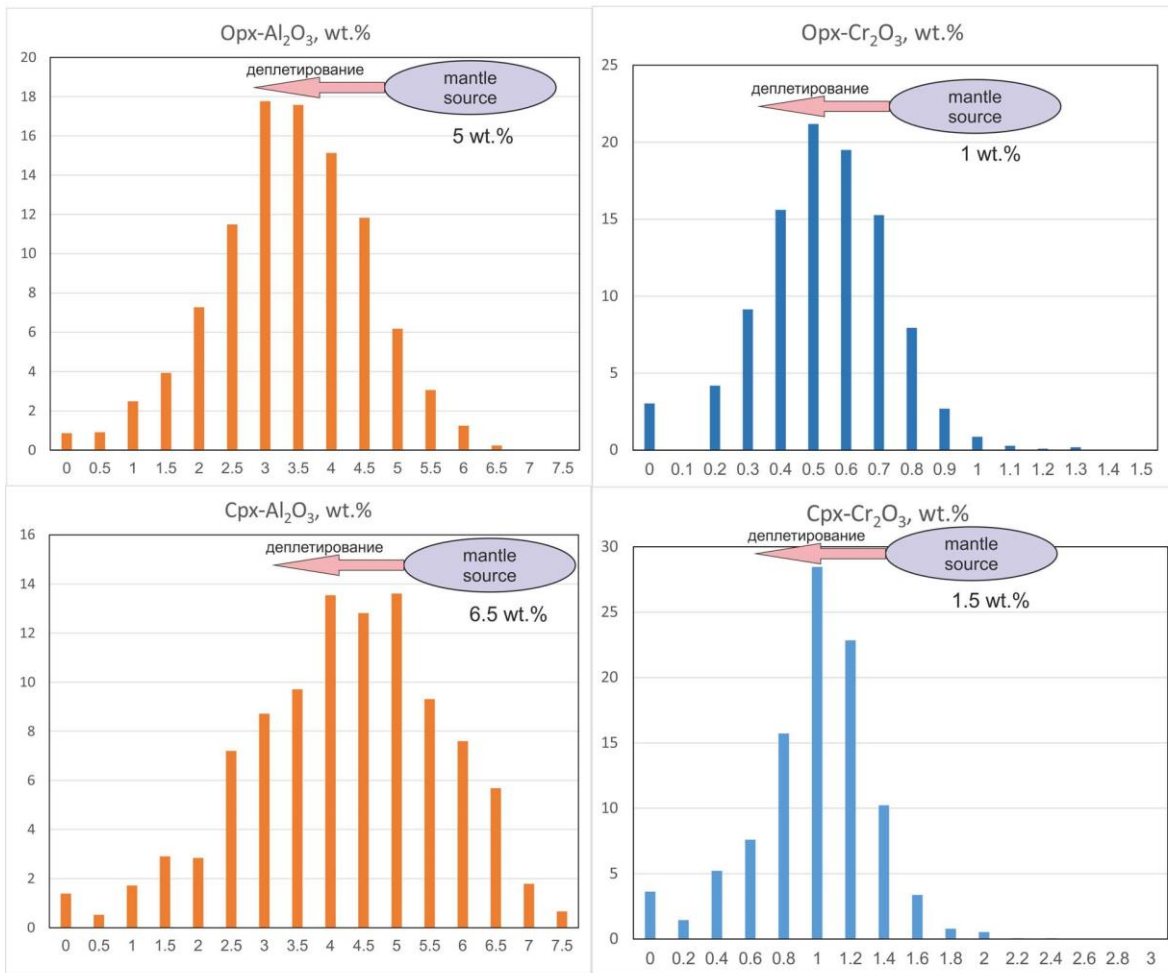


Рисунок 4 – Баланс вещества при реоморфическом образовании дунитов и хромититов

Второй аспект данной проблемы – сопутствующее частичное плавление. Наряду с самим декомпрессионным эффектом, оно вполне может быть инициировано деформацией, связанной с началом подъема диапира и распадом пироксенов. Нами проведен упрощенный расчет состава расплава, который может быть генерирован данным способом и цифры получились довольно близкие к реальным. Основные расхождения связаны с игнорированием сульфидных, оксидных и самородных фаз, которые могут компенсировать дисбаланс железа и кремния в расплаве. Наблюдения над реальными ультрамафитами показывают, что эти фазы как правило ассоциируют с пироксенами.

Заключение. 1. Реоморфическая модель объясняет главные закономерности строения залежей офиолитовых хромититов в рамках единого природного процесса, связанного с подъемом мантийного диапира в режиме дислокационной ползучести и его частичного плавления. Главными причинами являются: i) различия в реологических свойствах оливина, ортопироксена и хромшпинелида, ii) различия в температурах плавления реститовой (оливин+ортопироксен+хромшпинелид) и мафитовой (клинопироксен+амфибол+плагиоклаз) ассоциаций. Первая причина обуславливает формирование «квазиразломов мантии» – зон локализованного пластического течения (дунитов) с первично рассеянным хромитом и дальнейшую сегрегацию последнего. Вторая причина обуславливает отделение базальтовых расплавов от рестита. Образование первичного расплава может быть обусловлено деформационно-индуцированным распадом пироксенов.

2. Хромититы в мантийном разрезе офиолитов являются продуктом единого процесса, приводящего на ранних стадиях к образованию прерывистых табулярных тел, характеризующихся полосчатой текстурой, вкрапленной мелкозернистой структурой в обширных дунитовых телах; на продвинутых стадиях процесса происходит увеличение концентрации хромита вплоть до образования массивных руд («типично подиформных залежей» - typical podiform deposits) с крупнозернистой структурой, отделяющихся от перидотитов (гарцбургитов или лерцолитов) маломощной дунитовой оторочкой (dunite envelopes).

Финансирование. Исследования выполнены за счет темы Госбюджета №FMRS-2025-0014.

Funding. The research was supported by State Budget Project No. FMRS-2025-0014.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Г.А. Хромиты Урала, их состав, условия кристаллизации и закономерности распространения / Труды / ИГН АН СССР; Вып. 97; Сер. рудн. м-ний; № 12. М.: Изд-во АН СССР, 1948. 128 с.
2. Павлов Н.В., Григорьева И.И., Гришина Н.В. Образование и генетические типы хромитовых месторождений геосинклинальных областей / Условия образования магматических рудных месторождений. М.: Наука, 1979. с. 5-78.
3. Кравченко Г.Г. Роль тектоники при кристаллизации хромитовых руд Кемпирсайского плутона. М.: Наука, 1969. 232 с.
4. Москалёва С.В. Гипербазиты и их хромитоносность. Л.: Недра, 1974. 279 с.
5. Варлаков А.С. Генезис хромитового оруденения в альпинотипных гипербазитах Урала // Петрография ультраосновных и щелочных пород Урала. Свердловск, 1978. С. 63—82.
6. Kelemen P. B., Shimizu N., Salters V. J. M. Extraction of mid-ocean-ridge basalt from the upwelling mantle by focused flow of melt in dunite channels // Nature, 1995, V. 375. p. 747-753.
7. Zhou M.-F., Robinson P.T., Malpas J., Li Z. Podiform Chromitites in the Luobusa Ophiolite (Southern Tibet): Implications for Melt-Rock Interaction and Chromite Segregation in the Upper Mantle // J. Petrology, 1996, V. 37, N. 1. P. 3-21.
8. Савельева Г.Н., Соболев А.В., Батанова В.Г., Суслов П.В., Брюгманн Г. Структура каналов течения расплавов в мантии // Геотектоника, 2008, № 6, с. 25-45.
9. Савельев Д.Е., Сначёв В.И., Савельева Е.Н., Бажин Е.А. Геология, петрогеохимия и хромитоносность габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. 320 с.
10. Савельев Д.Е., Федосеев В.Б. Твёрдофазное перераспределение минеральных частиц в восходящем мантийном потоке как механизм концентрации хромита в офиолитовых ультрамафитах (на примере офиолитов Крака, Южный Урал) // Георесурсы, 2019, Т. 21, №1. С. 31-46. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.1.31-46>
11. Saveliev D.E. Chromitites of the Kraka ophiolite (South Urals, Russia): geological, mineralogical and structural features // Mineralium Deposita, 2021, T. 56(6), 1111-1132. doi.org/10.1007/s00126-021-01044-5)
12. Колман Р.Г. Офиолиты. М.: Мир, 1979. 262 с.
13. Рингвуд А.Е. Состав и петрология мантии Земли. М.: Недра, 1981. 585 с.
14. Nicolas A., Bouchez J.L., Boudier F., Mercier J.C. Textures, structures and fabrics due to solid state flow in some European lherzolites // Tectonophysics, 1971, V. 12. P. 55-86.
15. Гончаренко А.И. Деформация и петроструктурная эволюция альпинотипных гипербазитов. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1989. 404 с.

16. Щербаков С.А. Пластические деформации ультрабазитов офиолитовой ассоциации Урала. М.: Наука, 1990. 120 с.
17. Saveliev D.E., Makatov D.K., Rakhimov I.R., Gataullin R.A., Shilovskikh V.V. Silicates from lherzolites in the south-eastern part of the Kempirsay massif as the matter source for giant chromitite deposits (the Southern Urals, Kazakhstan) // *Minerals*, 2022, 12, 1061; <https://doi.org/10.3390/min12081061>
18. Yamamoto J., Kagi H., Kaneoka I. Lai Y., Prikhod'ko V.S., Arai S. Fossil pressures of fluid inclusions in mantle xenoliths exhibiting rheology of mantle minerals: implications for the geobarometry of mantle minerals using micro Raman spectroscopy // *Earth Planet Sci. Lett.*, 2002, V. 198. P. 511–519.
19. Carter N.L. Steady state flow of rocks // *Rev. Geophys. and Space Phys.*, 1976, V.14, № 3. P. 301-360.
20. Karato S. Deformation of Earth Materials. An Introduction to the Rheology of Solid Earth. Cambridge University Press. 2008. 463 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511804892>.

REFERENCES

1. Sokolov G.A. Chromites of the Urals, their composition, crystallization conditions and distribution patterns / *Proceedings / IGS USSR Academy of Sciences; Issue 97; Series of ore deposits; No. 12*. Moscow: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1948. 128 p. (in Russian)
2. Pavlov N.V., Grigorieva I.I., Grishina N.V. Formation and genetic types of chromite deposits in geosynclinal regions / *Conditions of formation of magmatic ore deposits*. M.: Nauka, 1979. pp. 5-78. (in Russian)
3. Kravchenko G.G. The role of tectonics in the crystallization of chromite ores of the Kempirsai pluton. Moscow: Nauka, 1969. 232 p. (in Russian)
4. Moskaleva S.V. Hyperbasites and their chromite content. L.: Nedra, 1974. 279 p. (in Russian)
5. Varlakov A.S. Genesis of chromite mineralization in alpine-type hyperbasites of the Urals // *Petrography of ultrabasic and alkaline rocks of the Urals*. Sverdlovsk, 1978. Pp. 63-82. (in Russian)
6. Kelemen P. B., Shimizu N., Salters V. J. M. Extraction of mid-ocean-ridge basalt from the upwelling mantle by focused flow of melt in dunite channels // *Nature*, 1995, V. 375. p. 747-753.
7. Zhou M.-F., Robinson P.T., Malpas J., Li Z. Podiform Chromitites in the Luobusa Ophiolite (Southern Tibet): Implications for Melt-Rock Interaction and Chromite Segregation in the Upper Mantle // *J. Petrology*, 1996, V. 37, N. 1. P. 3-21.
8. Savelieva G.N., Sobolev A.V., Batanova V.G., Suslov P.V., Brugmann G. The structure of melt flow channels in the mantle // *Geotectonics*, 2008, No. 6, pp. 25-45.

9. Saveliev D.E., Snachev V.I., Savelyeva E.N., Bazhin E.A. Geology, petrogeochemistry and chromite content of gabbro-ultramafic massifs of the Southern Urals. Ufa: DesignPoligrafService, 2008. 320 p. (in Russian)
10. Saveliev D.E., Fedoseev V.B. Solid-phase redistribution of mineral particles in the ascending mantle flow as a mechanism of chromite concentration in ophiolitic ultramafites (using the Kraka ophiolites, Southern Urals as an example) // Georesources, 2019, Vol. 21, No. 1. pp. 31-46. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.1.31-46> (in Russian)
11. Saveliev D.E. Chromitites of the Kraka ophiolite (South Urals, Russia): geological, mineralogical and structural features // Mineralium Deposita, 2021, T. 56(6), 1111-1132. doi.org/10.1007/s00126-021-01044-5)
12. Coleman R.G. Ophiolites. Moscow: Mir, 1979. 262 p.
13. Ringwood A.E. Composition and petrology of the Earth's mantle. M.: Nedra, 1981. 585 p.
14. Nicolas A., Bouchez J.L., Boudier F., Mercier J.C. Textures, structures and fabrics due to solid state flow in some European lherzolites // Tectonophysics, 1971, V. 12. P. 55-86.
15. Goncharenko A.I. Deformation and petrostructural evolution of alpine-type hyperbasites. Tomsk: Tomsk University Press, 1989. 404 p. (in Russian)
16. Shcherbakov S.A. Plastic deformations of ultrabasites of the ophiolite association of the Urals. Moscow: Nauka, 1990. 120 p. (in Russian)
17. Saveliev D.E., Makatov D.K., Rakhimov I.R., Gataullin R.A., Shilovskikh V.V. Silicates from lherzolites in the south-eastern part of the Kempirsay massif as the matter source for giant chromitite deposits (the Southern Urals, Kazakhstan) // Minerals, 2022, 12, 1061; <https://doi.org/10.3390/min12081061>
18. Yamamoto J., Kagi H., Kaneoka I. Lai Y., Prikhod'ko V.S., Arai S. Fossil pressures of fluid inclusions in mantle xenoliths exhibiting rheology of mantle minerals: implications for the geobarometry of mantle minerals using micro Raman spectroscopy // Earth Planet Sci. Lett., 2002, V. 198. P. 511–519.
19. Carter N.L. Steady state flow of rocks // Rev. Geophys. and Space Phys., 1976, V.14, № 3. P. 301-360.
20. Karato S. Deformation of Earth Materials. An Introduction to the Rheology of Solid Earth. Cambridge University Press. 2008. 463 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511804892>.

Сведения об авторе:

Савельев Дмитрий Евгеньевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). 450006, г. Уфа, Российская Федерация ул. Карла Маркса, д. 16/2. E-mail: sav171@mail.ru. ORCID ID: 0000-0001-8910-6992.

Author's personal details

Savelyev Dmitry Evgenievich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, Institute of Geology - a separate structural unit of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFIC RAS). 450006, Ufa, Russian Federation st. Karla Marksa, 16/2. E-mail: sav171@mail.ru. ORCID ID: 0000-0001-8910-6992.

© Савельев Д.Е.

DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-73-87

УДК 549.752/.753

**МИНЕРАЛЫ НАДГРУППЫ АПАТИТА ИЗ ХРОМИТИТОВ
АПШАКСКОЙ ПЛОЩАДИ МАССИВА ЮЖНЫЙ КРАКА
(ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

© Шабутдинов Тимур Денисович, © Савельев Дмитрий Евгеньевич,

© Самигуллин Айдар Альфридович, © Гатауллин Руслан Азатович

Институт геологии

ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр

Российской Академии наук»,

г. Уфа, Российская Федерация

© Макатов Дархан Кайратович

ТОО «QazGeoWay», г. Астана, Казахстан

Аннотация. При изучении в аншлифах хромититов из рудопроявлений Апшакской площади массива Южный Крака среди широко распространенных акцессорных минералов (уваровита $(\text{Ca}_3(\text{Cr,Al,Fe})_2(\text{SiO}_4)_3)$, аваруита (Ni_3Fe) , диенерита (N_3As) , миллерита (NiS) , никелина (NiAs) , пентландита $((\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8)$) были встречены такие «экзотические» для данных пород как барит (BaSO_4) и минералы надгруппы апатита. Последние представлены фторапатитом, гидроксилapatитом, фторстрофитом и фторкафитом. Фосфаты были встречены в виде включений как внутри зёрен хромшпинелида, так и в интерстициях. Проведено сравнение минералов группы апатита из исследованных хромититов с таковыми из ультрамафитов расслоенных интрузий. На вариативной диаграммах $\text{P}_2\text{O}_5\text{--SiO}_2$, наблюдается слабонаклонный тренд для P–Si, указывающий на то, что происходил захват Si из матрикса, в то время как P оставался постоянным элементом в составе минералов. На диаграмме CaO–SrO для апатитов и фторкафитов характерна отрицательная зависимость между катионами Ca и Sr. Рассчитанные формульные коэффициенты для анализов химического состава минералов группы апатита локализуются преимущественно в поле метасоматического фторапатита. Единичные точки попадают в поле гидротермального гидроксилapatита. Вероятнее всего, минералы надгруппы апатита в изученных нами хромититах имеют

Для цитирования: Шабутдинов Т. Д., Савельев Д. Е., Самигуллин А. А., Гатауллин Р. А., Макатов Д. К. Нефтегазоносность гранитоидов фундамента на примере месторождения Оймаша // Геология. Известия Отделения наук и Земле и природных ресурсов. – 2025. – №2. – С. 73-87. DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-73-87

низкотемпературный генезис в результате проработки хромититов флюидами в условиях верхней части земной коры.

Ключевые слова: фторапатит, гидроксилapatит, фторстрофит, фторкафит, хромититы, «экзотические» минералы, платиноиды.

MINERALS OF THE APATITE SUPERGROUP FROM THE CHROMITITES OF THE APSHAK AREA, YUZHNY KRAKA MASSIF (SOUTHERN URALS)

© Shabutdinov Timur Denisovich, © Savelyev Dmitry Evgenievich,
© Samigullin Aidar Alfridovich, © Gataullin Ruslan Azatovich
Institute of Geology,
Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Ufa, Russian Federation

© Makatov Darkhan Kairatovich
QazGeoWay LLP, Astana, Kazakhstan

Summary. We studied polished sections of chromitites from ore occurrences in the Apshak area of the Southern Kraka massif. Along with common accessories – uvarovite ($\text{Ca}_3(\text{Cr,Al,Fe})_2(\text{SiO}_4)_3$), awaruite (Ni_3Fe), dienerite (Ni_3As), millerite (NiS), nickeline (NiAs), and pentlandite ($(\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8$) – we found minerals unusual for these rocks: barite (BaSO_4) and members of the apatite supergroup. These include fluorapatite, hydroxylapatite, fluorstrontiophite, and fluorcaphite. Phosphates occur as inclusions inside chromespinel grains and in interstitial positions. We compared the apatite-group minerals from these chromitites with those from ultramafic rocks of layered intrusions. The P_2O_5 – SiO_2 variation diagrams show a gently sloping P–Si trend. This suggests uptake of Si from the matrix, while P remained essentially constant in the minerals. On CaO–SrO plots for apatites and fluorcaphites, Ca and Sr show a negative correlation. Calculated structural-formula coefficients place most analyses in the field of metasomatic fluorapatite. A few points fall within the field of hydrothermal hydroxylapatite. Overall, the apatite-supergroup minerals in these chromitites most likely formed at low temperatures from fluids that overprinted the rocks under upper-crustal conditions.

Keywords: fluorapatite; hydroxylapatite; fluorstrophite; fluorcaphite; chromitites; “exotic” minerals; platinum-group minerals.

Введение. Апатит ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}-\text{Cl}-\text{OH})$) – основной минерал группы апатита, широко распространенный в магматических горных породах и устойчивый в большом диапазоне физических и химических условий. Апатит является концентратором высокозарядных элементов, галогенов и серы, что позволяет использовать его для реконструкции и оценки петрогенеза и рудогенеза [1–2]. Апатит является одним из концентраторов редкоземельных элементов (РЗЭ) в породах ультраосновного и основного состава. Вариации составов РЗЭ значительно коррелируют с петрографическими разностями и условиями их образования. Так для РЗЭ в лерцолитах (Австралия и США), где их среднее суммарное содержание доходит 8030 ppm, характерна, по сравнению с карбонатитами, гранитоидами, долеритами, гранитными пегматитами, положительная европиевая аномалия [3–4]. Анализ микроэлементов в апатите позволяет по-новому взглянуть на магматические процессы, связанные с кристаллизацией этого минерала, а также рассмотреть эволюцию и температурную историю формирования перидотитов.

Хромититы широко распространены на территории ультрамафитовых массивов Крака и формируют особый генетический тип месторождений, известный в литературе как «подиформный» [5–7]. Хромититы всегда вмещаются дунитами, образуя рудные тела таблитчатой, линзовидной либо столбообразной формы. Большинство рудных объектов приурочено к западной части массива Южный Крака, где они сгруппированы в два рудных узла – северный (Апшакский) и южный (Мало-Башартовский). Отдельно выделяется месторождение «Коминтерн» и несколько рудопроявлений, расположенных на севере и востоке массива (рис.1). Выделенные на территории Южного Крака хромитовые объекты интересны с точки зрения минералогии. Особенно это касается акцессорной минерализации хромититов, где среди силикатов, сульфидов и интерметаллидов встречаются такие «экзотические» минералы как апатит, бадделеит, барит. Поэтому в ходе полевых работ 2002–2004 года, с целью изучения минералогического состава хромититов, были отобраны образцы из рудопроявлений Апшакской площади: «Апшак» (А-508); «Апшак-2» (А-714, А-715); «Верхне-Апшакское» (А-757) (см.рис.1В).

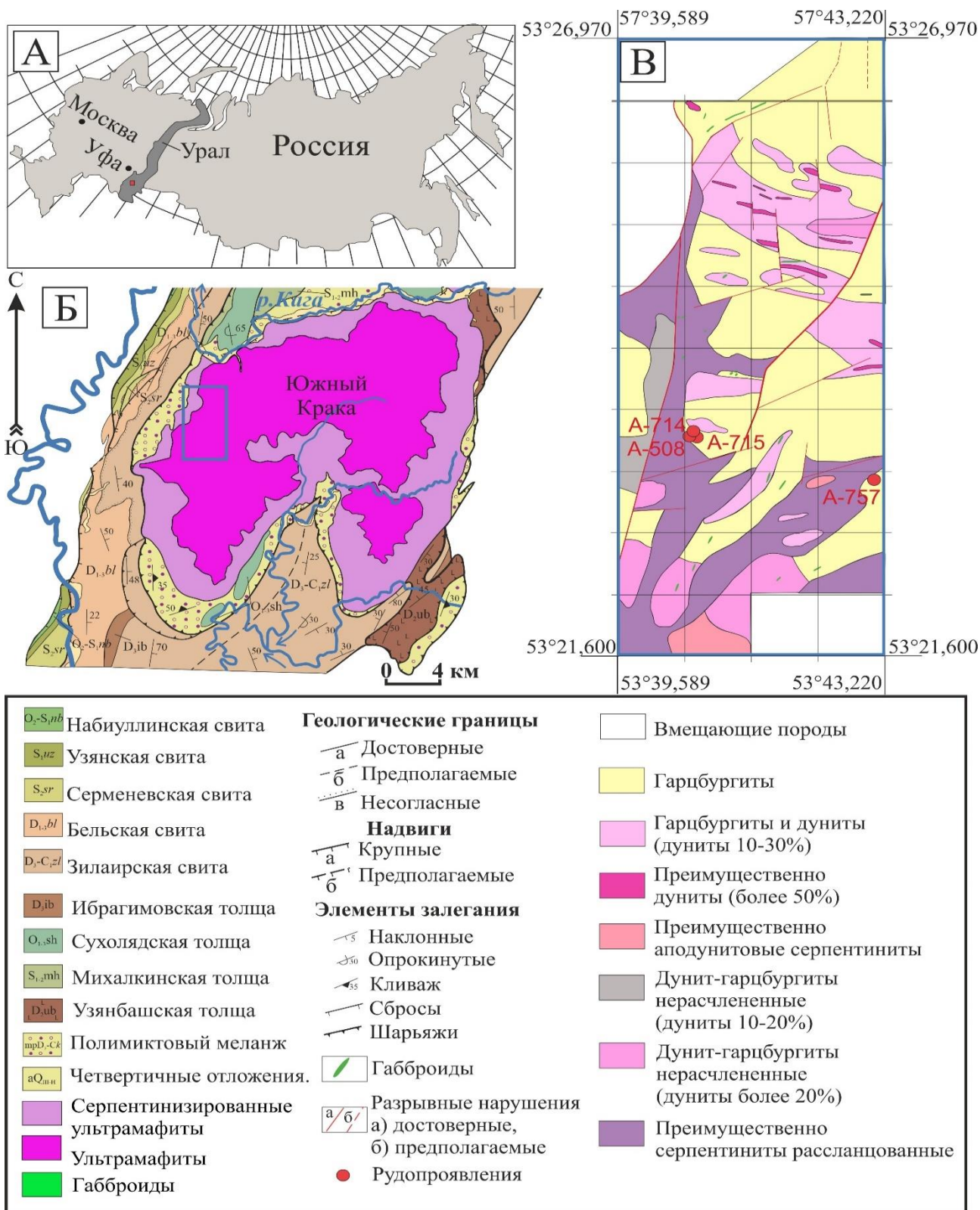


Рисунок 1 – Карта расположения изученных рудопроявлений Апшакской площади [8–10]:

где: А – обзорная карта; Б – расположение рудопроявлений на территории массива Южный Крак; В – геологическое строение Апшакской площади.

Геологическое строение. Апшакская площадь расположена в северной части западного блока массива Южный Крака и сложена породами дунит-гарцбургитового комплекса (рис. 2В). В северной и центральной части площади преобладают дуниты и гарцбургиты (См. рис.2В), тогда как на юге и юго-западе заметную роль играют серпентиниты. Серпентин представлен α -лизардитом и образует характерную петельчатую структуру с сохранением в ядрах реликтов первичного оливина. Среди ультрамафитов встречаются дайки габброидов. В северо-западной части рассматриваемой территории обнажаются вмещающие осадочные породы.

Приконтактовая часть массива представлена зоной серпентинитового меланжа. Рудопроявления на территории площади распределены неравномерно и сконцентрированы в пределах несколько участков: «Ашкарка», «Саптарат», «Пастушье-Медвежье», «Кумысный», «Южный». Рассматриваемые в работе хромититы рудопоявлений «Апшак», «Апшак-2» и «Верхне-Апшакское» расположены за пределами данных участков [9;11–12].

Материал и методы. Хромититы были отобраны в 2002–2004-х годах при поисковых работах лабораторией рудных месторождений Института геологии УФИЦ РАН г.Уфа. Изучение пород проводилось в аншлифах на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 4 Compact с анализатором Xplorer 15 (Oxford Instruments, Великобритания) в Институте геологии УФИЦ РАН, г. Уфа. Спектры химического состава обрабатывали с помощью программного пакета AzTec One. При съемке использовались следующие настройки: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда в диапазоне 3–4 нА, время накопления спектра в точке 60 с в режиме Point&ID. На основе спектров химического состава, полученных из 39 проанализированных образцов, рассчитывались формульные коэффициенты для породообразующих и акцессорных минералов. Формулы хромшпинелидов рассчитывались на 4 атома кислорода. Количество двух- и трехвалентного железа определялось по стехиометрии минерала. Для перовскита формулы рассчитывались на 3, барита – на 4, граната – на 12, для минералов надгруппы апатитов формулы рассчитывались на 12 атомов кислорода соответственно. Содержание гидроксил-иона в апатитах определялось расчетным методом, исходя из недостатка суммы и значений Cl^- , F^- . Аббревиатуры, использованные на рисунках, соответствуют утвержденным в Международном справочнике по новым минералам, номенклатуре и классификации (IMA–CNMNC) [13].

Результаты. Проведенные петрографические и электронно-микроскопические исследования показали, что породообразующие минералы хромититов представлены хромшпинелидом и серпентином, занимающим интерстиции между рудными зернами и образованный на месте первичного оливина или ортопироксена. Хромшпинелиды $((\text{Mg,Fe})(\text{Cr,Al,Fe})_2\text{O}_4)$ из рудопоявлений «Апшак», «Апшак-2» и «Верхне-Апшакское» согласно

классификации Н.В. Павлова образуют ряд от хромпикотита до хромита. Магнезиальность (#Mg) варьирует в пределах 0.31–0.71, хромистость (#Cr) – 0.47–0.87 [14]. Серпентин $(Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4)$ представлен α -лизардитом по классификации А.С. Варлакова [15] или низкотемпературной петельчатой разновидностью по классификации В.Р. Артемова и В.Н. Кузнецовой [16].

Акцессорные минералы, встреченные в образцах в виде включений, по своему химическому составу относятся к уваровиту $(Ca_3(Cr,Al,Fe)_2(SiO_4)_3)$ перовскиту $(CaTiO_3)$, бариту $(BaSO_4)$, аваруиту (Ni_3Fe) , диенериту (Ni_3As) , миллериту (NiS) , никелину $(NiAs)$, пентландиту $((Ni,Fe)_9S_8)$, платиноидам Ru-Os-Ir состава и др. (таблица 1).

Таблица 1 – Породообразующие и акцессорные минералы в хромититах массива Южный Крака

№	Минерал	формула	Распространенность
1	Хромшпинелид	$(Mg,Fe)(Cr,Al,Fe)_2O_4$	+++++
2	Серпентин	$Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$	++++
3	Гранат(уваровит)	$Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$	+++
4	Фторкафит	$SrCaCa_3(PO_4)_3F$	++
5	Фторстрофит	$SrCaSr_3(PO_4)_3F$	++
6	Барит	$BaSO_4$	+
7	Перовскит	$CaTiO_3$	+
8	Фторапатит	$Ca_5(PO_4)_3F$	+
9	Гидроксилapatит	$Ca_5(PO_4)_3OH$	+
10	Аваруит	Ni_3Fe	++
11	Диенерит	Ni_3As	++
12	МПП	(Ru,Os,Ir)	++
13	Пентландит	$(Ni,Fe)_9S_8$	+
14	Никелин	$NiAs$	+

+++++ – главные минералы (10–100% породы), ++++ – второстепенные минералы (10–30% породы), +++ – акцессорные минералы (до 10% породы), ++ – редкие акцессорные минералы (0.1–1%), + – единичные находки

Минералы надгруппы апатита встречены в виде включений как внутри зёрен хромшпинелида рис. 2Б), так и в интерстициях (см. рис. 2А, В). Также они тесно ассоциируют с гранатом (уваровитом), замещающим породообразующие минералы (см. рис. 2, Г, Е). Расчет формульных коэффициентов на основе спектров химического состава показал, что минералы надгруппы апатита представлены фторкафитом $(SrCaCa_3(PO_4)_3F)$, фторстрофитом $(SrCaSr_3(PO_4)_3F)$ (таблица 1,2) принадлежащих, согласно современным номенклатурам и классификациям к группе беловита (Belovite group) [17].

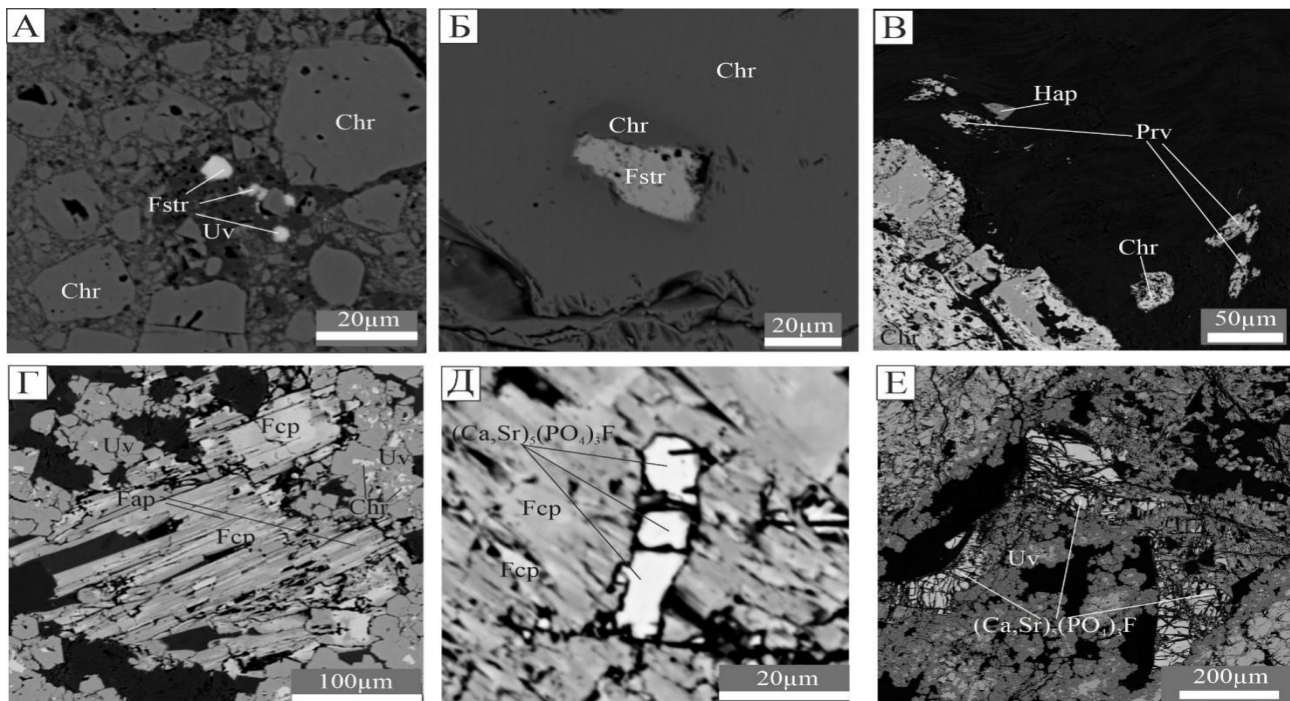


Рисунок 2 – Минералы надгруппы апатита в шлифах:

А, Г-Е – «Апшак-2» (А-714/4(а), А-715/1а), Б – «Апшак» (А-508-а), В – «Верхне-Апшакское» (А-757б). Chr – хромитинелид, Fap – фторапатит, Fcp – фторкафит, Fstr – фторстрофит, Prv – перовскит, Uv – уваровит. $(Ca,Sr)_5(PO_4)_3F$ – высоко стронциевый фторкафит.

Таблица 2 – Химический состав минералов надгруппы апатита

Образец	Содержание оксида, мас.%							
	CaO	SrO	P ₂ O ₅	SiO	Cr ₂ O ₃	FeO	F	Сумма
А-714/4(а)	9,96	55,36	30,41	-	1,34	0,27	2,15	99,49
А-508-а	8,90	57,98	30,66	-	1,17	0,19	1,63	100,54
А-757б	56,79	-	42,85	0,39	-	0,19	0,44	100,66
А-715/1а	52,39	4,39	39,37	2,08	-	-	1,90	100,12
А-715/1а	44,28	14,98	38,36	0,96	-	-	2,30	100,89
А-715/1а	41,71	18,24	37,31	0,99	-	-	2,40	100,64
А-715/1а	53,23	4,46	40,38	2,19	-	-	1,78	102,03
А-715/1а	33,69	28,03	37,22	-	-	-	1,81	100,75
А-715/1а	33,96	27,98	37,60	-	-	-	1,76	101,30
Формульные коэффициенты								
Образец	Саат	Сгаг	Раг	Сиаг	Сгаг	Feаг	Far	ОН
А-714/4(а)	1,22	3,68	2,95	0,00	0,12	0,03	0,80	0,20
А-508-а	1,09	3,83	2,96	0,00	0,11	0,02	0,62	0,38
А-757б	4,98	0,00	2,97	0,03	0,00	0,01	0,13	0,87
А-715/1а	4,77	0,22	2,83	0,18	0,00	0,00	0,54	0,46
А-715/1а	4,24	0,78	2,90	0,09	0,00	0,00	0,68	0,32
А-715/1а	4,07	0,96	2,88	0,09	0,00	0,00	0,72	0,28
А-715/1а	4,75	0,22	2,85	0,18	0,00	0,00	0,50	0,50
А-715/1а	3,44	1,55	3,01	0,00	0,00	0,00	0,58	0,42
А-715/1а	3,45	1,54	3,02	0,00	0,00	0,00	0,56	0,44

Рудопроявления: «Апшак» (А-508-а), «Верхне-Апшакское» (А-757б), «Апшак-2» (А-714/4(а), А-715/1а). Прочерк означает ниже предела обнаружения.

Апатиты соответствуют фторапатиту ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) и гидроксилapatиту ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$) (рис. 3, см. таблица 1,2), относящихся к группе апатита (Apatite group) [17].

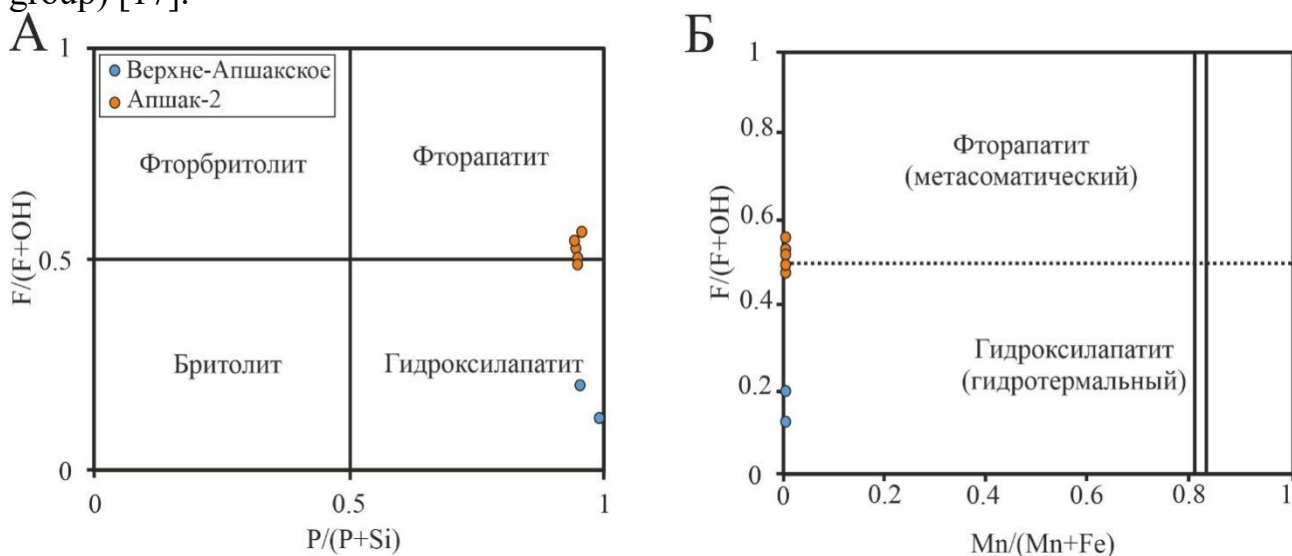


Рисунок 3 – Классификационные диаграммы для минералов группы апатита: А – $P/(P+Si)-F/(F+OH)$ [18]; Б – $Mn/(Mn+Fe)-F/(F+OH)$ [19]

На вариативной диаграмме $\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$ (рис 4А) наблюдается слабонаклонный тренд, указывающий на то, что происходил захват Si из матрикса, в то время как P оставался постоянным элементом в составе минералов. На диаграмме $\text{CaO}-\text{SrO}$ (см. рис 4 Б) выражен вертикальный тренд для анализов фторстрофита с изменением содержания Sr, при постоянном содержании Ca, в то время как для апатитов и фторкафитов характерна отрицательная зависимость этих элементов.

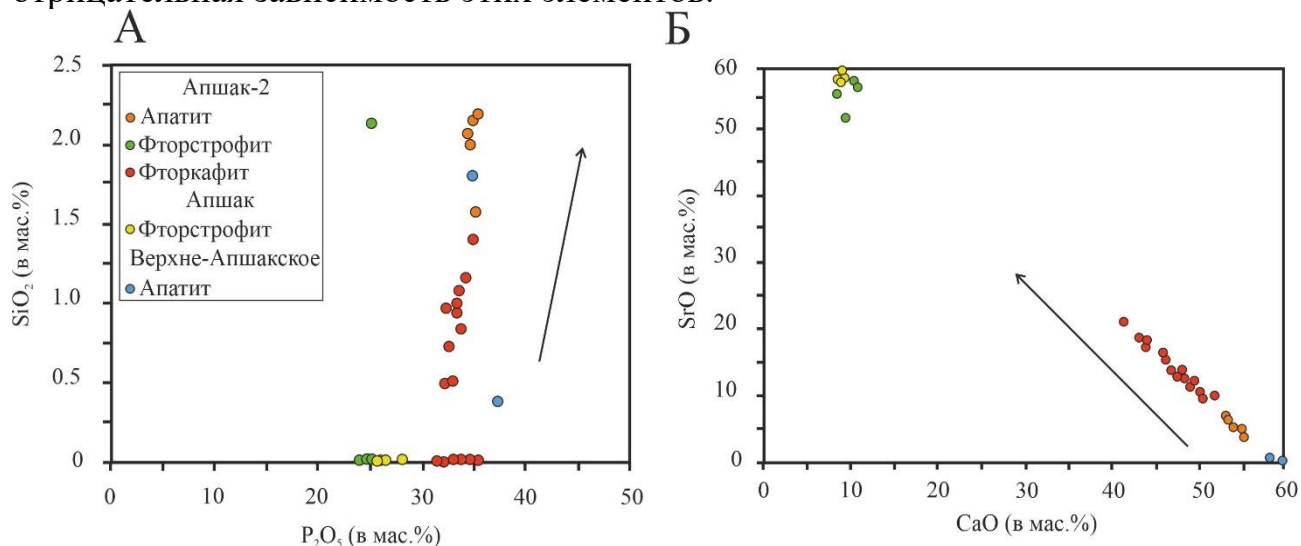


Рисунок 4 – Вариативные диаграммы (мас. %), показывающие взаимосвязь: А – $\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$; Б – $\text{CaO}-\text{SrO}$ [2]

Обсуждение и выводы. Минералы группы апатита (фторапатит, гидроксилapatит, хлорапатит), помимо хромититов Южного Крака, ранее нами были описаны в хромититах Кемпирсайского массива [20], значительно более широким распространением они пользуются в ультрамафитах расслоенных интрузий (Худолазовский, Фёдорово-Панский, Бушвельд и др.) [2; 21–23].

Рассчитанные формульные коэффициенты для анализов апатитов из рудопроявления «Апшак-2» преимущественно локализируются в верхней части треугольной диаграммы Cl–F–ОН попадают в поле распределения точек для Великой Дайки (Зимбабве) (рис. 5) [21]. Единичные анализы апатитов, как для «Апшак-2», так и «Верхне-Апшакское», на диаграмме локализируются в полях составов Худолазовского (Южный Урал) и Фёдорово-Панского (Кольский полуостров) комплексов (см. рис. 5) [2; 23]. В хромититах Южного Крака отсутствует хлорапатит, который в расслоенных интрузиях указывает на насыщенность магматического флюида хлором и является важным показателем генезиса минерализации, а также транспортировки и концентрации элементов платиновой группы (PGE) в основных и ультраосновных породах расслоенных интрузий [21; 24].

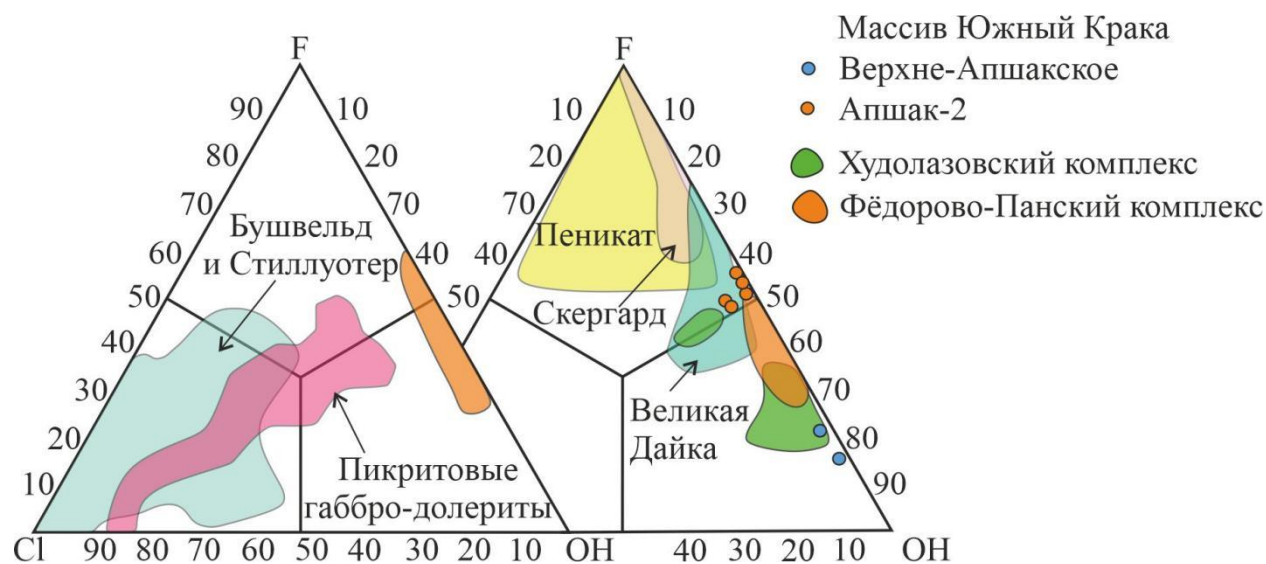


Рисунок 5 – Треугольная диаграмма Cl–F–ОН для минералов группы апатита с нанесенными полями для различных ультрамафит–мафитовых комплексов мира [2 ;21–23]

Встреченные нами «экзотические» минералы, такие как барит, фторстрофит, фторкафит и апатит, локализованы как внутри зёрен хромшпинелидов, так и интерстициональном пространстве. Минералы надгруппы апатитов встреченные в образцах А-714/4(а), А-715/1а тесно ассоциируют с уваровитом, замещающим хромшпинелиды (см. рис. 2 В–Е). Рассчитанные формульные коэффициенты для анализов химического состава минералов группы апатита локализируются преимущественно в поле метасоматического фторапатита (см.рис. 4Б). Единичные точки попадают в поле

гидротермального гидроксилapatита. Вероятнее всего, минералы надгруппы апатита в изученных нами хромититах имеют низкотемпературный генезис в результате проработки хромититов флюидами в условиях верхней части земной коры.

Финансирование. Исследования выполнены за счет Госзадания № FMRS-2025-0014.

Funding. This work was supported by State Assignment (FMRS-2025-0014).

ЛИТЕРАТУРА

1. Rakhimov, I.R.; Gottman, I.A.; Kholodnov, V.V.; Chervyakovskiy, V.S. Geochemistry of Accessory Apatite from the Cu–Ni–Sulfide-Bearing Ultramafic–Mafic Rocks of the Khudolaz Complex (South Urals) as a Monitor of Magmatic and Metasomatic Processes // *Russ. Geol. Geophys.* 2022. Vol. 63. P. 1388–1406.
2. Rakhimov I.R. Apatite in Pegmatoid Gabbro (Khudolaz Differentiated Complex, Southern Urals): Electron-Microprobe and LA-ICP-MS Geochemical Study in Context of Petrogenesis // *Minerals*. 2024. Vol.14. DOI: <https://doi.org/10.3390/min14121271>
3. Belousova, E.A., Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y. & Fisher, N.I. Apatite as indicator mineral for mineral exploration: trace element compositions and their relationship to host rock type // *J. Geochemical Exploration*. 2002. Vol.76. P. 45–69.
4. Lesnov F.P. Rare Earth Elements in Ultramafic and Mafic Rocks and their Minerals. CRC Press. 2010. 586 p.
5. Thayer T.P. Principal features and origin of podiform chromite deposits, and some observations on the Guleman-Soridag District, Turkey // *Economic Geology*. 1964. Vol. 59. P. 1497–1524.
6. Cassard D., Nicolas A., Rabinowitch M., Moutte J., Leblanc M., Prinzhofer A. Structural classification of chromite pods in Southern New Caledonia // *Economic Geology*. 1981. Vol.76. P. 805–831.
7. Hock M., Friedrich G., Plueger W.L., Wichowski A. Refractory- and metallurgical-type chromite ores, Zambales Ophiolite, Luzon, Philippines // *Mineralium Deposita*. 1986. Vol. 21, P. 190–199.
8. Князев Ю.Г., Князева О.Ю. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XXIII. Белорецк. Объяснительная записка. Уфа: ОАО «Башкиргеология», 2006. 194 с.
9. Савельев Д.Е., Сначев В.И., Савельева Е.Н., Бажин Е.А. Геология, петрогеохимия и хромитоносность габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. 320 с.

10. Ларионов Н. Н., Бергазов И. Р. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XXII. Тукан. Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015. 247 с.
11. Савельева Е.Н. Хромитоносность габбро-гипербазитовых массивов Крака: дис...канд. геол.-мин. наук. М., 2007. 156 с.
12. Савельев Д.Е. Ультрамафитовые массивы Крака (Южный Урал): особенности строения и состава перидотит-дунит-хромитовых ассоциаций. Уфа: Башкирская энциклопедия, 2018. 204 с.
13. Warr L.N. IMA–CNMNC approved mineral symbols // Mineralogical Magazine. 2021. Vol. 85. P. 291–320. DOI: <https://doi.org/10.1180/mgm.2021.43>.
14. Павлов Н.В. Химический состав хромшпинелидов в связи с петрографическим составом пород ультраосновных интрузивов // Труды института геологических наук АН СССР. 1949. № 13. С. 10–35.
15. Варлаков А.С. Петрология процессов серпентинизации гипербазитов складчатых областей. Свердловск: УИЦ АН СССР, 1986. 224 с.
16. Артемов В.Р., Кузнецова В.Н. Кiemбайское месторождение хризотил-асбеста. М.: Недра, 1979. 233 с.
17. Paesero M., Kampf A.R., Ferraris C., Pekov I.V., Rakovan J., White T.J. Nomenclature of the apatite supergroup minerals // Eur. J. Mineral. 2010. Vol. 22. P. 163–179.
18. Ondrejka M., Putiš M., Uher P., Schmiedt I., Pukančík L., Konečný P. Fluid-driven destabilization of REE-bearing accessory minerals in the granitic orthogneisses of North Veporic basement (Western Carpathians, Slovakia) // Mineralogy and Petrology. 2016. Vol.110. P. 561–580.
19. Włodek A., Grochowina A., Gołębiowska B., Pieczka A. A phosphate-bearing pegmatite from Lutomia and its relationships to other pegmatites of the Góry Sowie Block, southwestern Poland // Journal of Geosciences. 2015. Vol.60. P. 45–72.
20. Saveliev D.E., Makatov D.K., Vishnevskiy A.V., Gataullin R.A. Accessory Minerals in the Chromitite Ores of Dzharlybutak Ore Group of Kempirsai Massif (Southern Urals, Kazakhstan): Clues for Ore Genesis // Minerals. 2023. Vol.13. DOI: <https://doi.org/10.3390/min13020263>
21. Boudreau, A.E.; Mathez, E.A.; McCallum, I.S. Halogen Geochemistry of the Stillwater and Bushveld Complexes: Evidence for Transport of the Platinum-Group Elements by Cl-Rich Fluids // J. Petrol. 1986. Vol. 27. P. 967–986.
22. Groshev, N.Y.; Nikulin, I.I.; Sushchenko, A.M.; Mikhailova, Y.A.; Kalashnikov, A.O.; Pakhomovsky, Y.A.; Kadyrov, R.I. Composition of Apatite

from Picritic Gabbro-Dolerites of the Kharaelakh Intrusion: First Systematic Data along the Section // Tr. FNS. 2023. Vol. 20. P. 68–76.

23. Sushchenko A., Groshev N., Rundkvist T., Kompanchenko A., Savchenko Y. Apatite as an Indicator for the Formation of PGE Mineralization as Exemplified by Anorthosites of the Kievev Deposit, Fedorova-Pana Layered Complex, Kola Peninsula, Russia // *Minerlas.* 2023. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3390/min13121473>
24. Boudreau, A.E. Chlorine as an Exploration Guide for the Platinum-Group Elements in Layered Intrusions // *J. Geochem. Explor.* 1993. Vol. 48. P. 21–37.

REFERENCES

1. Rakhimov, I.R.; Gottman, I.A.; Kholodnov, V.V.; Chervyakovskiy, V.S. Geochemistry of Accessory Apatite from the Cu–Ni–Sulfide-Bearing Ultramafic–Mafic Rocks of the Khudolaz Complex (South Urals) as a Monitor of Magmatic and Metasomatic Processes // *Russ. Geol. Geophys.* 2022. Vol. 63. P. 1388–1406.
2. Rakhimov I.R. Apatite in Pegmatoid Gabbro (Khudolaz Differentiated Complex, Southern Urals): Electron-Microprobe and LA-ICP-MS Geochemical Study in Context of Petrogenesis // *Minerals.* 2024. Vol.14. DOI: <https://doi.org/10.3390/min14121271>
3. Belousova, E.A., Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y. & Fisher, N.I. Apatite as indicator mineral for mineral exploration: trace element compositions and their relationship to host rock type // *J. Geochemical Exploration.* 2002. Vol.76. P. 45–69.
4. Lesnov F.P. Rare Earth Elements in Ultramafic and Mafic Rocks and their Minerals. CRC Press. 2010. 586 p.
5. Thayer T.P. Principal features and origin of podiform chromite deposits, and some observations on the Guleman-Soridag District, Turkey // *Economic Geology.* 1964. Vol. 59. P. 1497–1524.
6. Cassard D., Nicolas A., Rabinowitch M., Moutte J., Leblanc M., Prinzhofer A. Structural classification of chromite pods in Southern New Caledonia // *Economic Geology.* 1981. Vol.76. P. 805–831.
7. Hock M., Friedrich G., Plueger W.L., Wichowski A. Refractory- and metallurgical-type chromite ores, Zambales Ophiolite, Luzon, Philippines // *Mineralium Deposita.* 1986. Vol. 21, P. 190–199.
8. Knyazev Yu.G., Knyazeva O.Yu. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:200,000. Second edition. South Ural series. Sheet N-40-XXIII. Beloretsk. Explanatory note. Ufa: Bashkirgeologiya JSC, 2006. 194 p. (in Russian)

9. Saveliev D.E., Snachev V.I., Savelieva E.N., Bazhin E.A. Geology, petrogeochemistry, and chromite potential of gabbro–ultramafic massifs of the Southern Urals. Ufa: DizaynPoligrafServis, 2008. 320 p. (in Russian).
10. Larionov N.N., Bergazov I.R. et al. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:200,000. Second edition. South Ural series. Sheet N-40-XXII. Tukan. Explanatory note. Moscow: VSEGEI Interregional Mapping Center, 2015. 247 p. (in Russian).
11. Savelieva E.N. Chromite potential of the Kraka gabbro–ultramafic massifs: Dissertation for the Candidate of Geological and Mineralogical Sciences. Moscow, 2007. 156 p. (in Russian).
12. Savelyev D.E. Ultramafic massifs of Kraka (Southern Urals): structure and composition features of peridotite–dunite–chromite associations. Ufa: Bashkir Encyclopedia, 2018. 204 p. (in Russian)
13. Warr L.N. IMA–CNMNC approved mineral symbols // Mineralogical Magazine. 2021. Vol. 85. P. 291–320. DOI: <https://doi.org/10.1180/mgm.2021.43>.
14. Pavlov N.V. Chemical composition of chromespinels in relation to the petrographic composition of ultramafic intrusive rocks. Proceedings of the Institute of Geological Sciences, USSR Academy of Sciences. 1949. No. 13. pp. 10–35. (in Russian).
15. Varlakov A.S. Petrology of serpentinization processes of ultramafics in folded regions. Sverdlovsk: Ural Scientific Center, USSR Academy of Sciences, 1986. 224 p. (in Russian).
16. Artemov V.R., Kuznetsova V.N. The Kiyembai chrysotile-asbestos deposit. Moscow: Nedra, 1979. 233 p. (in Russian).
17. Paesero M., Kampf A.R., Ferraris C., Pekov I.V., Rakovan J., White T.J. Nomenclature of the apatite supergroup minerals // Eur. J. Mineral. 2010. Vol. 22. P. 163–179.
18. Ondrejka M., Putiš M., Uher P., Schmiedt I., Pukančík L., Konečný P. Fluid-driven destabilization of REE-bearing accessory minerals in the granitic orthogneisses of North Veporic basement (Western Carpathians, Slovakia) // Mineralogy and Petrology. 2016. Vol.110. P. 561–580.
19. Włodek A., Grochowina A., Gołębiowska B., Pieczka A. A phosphate-bearing pegmatite from Lutomia and its relationships to other pegmatites of the Góry Sowie Block, southwestern Poland // Journal of Geosciences. 2015. Vol.60. P. 45–72.
20. Saveliev D.E., Makatov D.K., Vishnevskiy A.V., Gataullin R.A. Accessory Minerals in the Chromitite Ores of Dzharlybutak Ore Group of Kempirsai Massif (Southern Urals, Kazakhstan): Clues for Ore Genesis // Minerals. 2023. Vol.13. DOI: <https://doi.org/10.3390/min13020263>.

21. Boudreau, A.E.; Mathez, E.A.; McCallum, I.S. Halogen Geochemistry of the Stillwater and Bushveld Complexes: Evidence for Transport of the Platinum-Group Elements by Cl-Rich Fluids // *J. Petrol.* 1986. Vol. 27. P. 967–986.
22. Groshev, N.Y.; Nikulin, I.I.; Sushchenko, A.M.; Mikhailova, Y.A.; Kalashnikov, A.O.; Pakhomovsky, Y.A.; Kadyrov, R.I. Composition of Apatite from Picritic Gabbro-Dolerites of the Kharaelakh Intrusion: First Systematic Data along the Section // *Tr. FNS.* 2023. Vol. 20. P. 68–76.
23. Sushchenko A., Groshev N., Rundkvist T., Kompanchenko A., Savchenko Y. Apatite as an Indicator for the Formation of PGE Mineralization as Exemplified by Anorthosites of the Kievev Deposit, Fedorova-Pana Layered Complex, Kola Peninsula, Russia // *Minerlas.* 2023. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3390/min13121473>
24. Boudreau, A.E. Chlorine as an Exploration Guide for the Platinum-Group Elements in Layered Intrusions // *J. Geochem. Explor.* 1993. Vol. 48. P. 21–37.

Сведения об авторах:

Шабутдинов Тимур Денисович, младший научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. 450006, г. Уфа, Российская Федерация ул. Карла Маркса, д. 16/2. E-mail: timurgeolog11@gmail.com. ORCID ID: 0009-0004-2346-1835

Савельев Дмитрий Евгеньевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). 450006, г. Уфа, Российская Федерация ул. Карла Маркса, д. 16/2. E-mail: savl71@mail.ru. ORCID ID: 0000-0001-8910-6992.

Самигуллин Айдар Альфридович, младший научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа, 450006, г. Уфа, Российская Федерация ул. Карла Маркса, д. 16/2. E-mail: samigullinaidar85@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3089-0799

Гатауллин Руслан Азатович, младший научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа,

450006, г. Уфа, Российская Федерация ул. Карла Маркса, д. 16/2. E-mail: rusgatln97@gmail.ru. ORCID ID: 0000-0002-9839-4719

Макатов Дархан Кайратович, PhD, директор, ТОО «QazGeoWay», г. Астана, Казахстан, ORCID ID: 0009-0006-5059-2851

Author's personal details

Shabutdinov Timur Denisovich, junior researcher, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS). 450006, Ufa, Russian Federation st. Karl Marks, 16/2. E-mail: timurgeolog11@gmail.com. ORCID ID: 0009-0004-2346-1835.

Savelyev Dmitry Evgenievich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, Institute of Geology - a separate structural unit of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFIC RAS). 450006, Ufa, Russian Federation st. Karl Marks, 16/2. E-mail: savl71@mail.ru. ORCID ID: 0000-0001-8910-6992.

Samigullin Aidar Alfridovich, junior researcher, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS). 450006, Ufa, Russian Federation st. Karl Marks, 16/2. E-mail: samigullinaidar85@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3089-0799.

Gataullin Ruslan Azatovich, junior researcher, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS). 450006, Ufa, Russian Federation st. Karl Marks, 16/2. E-mail: rusgatln97@gmail.ru. ORCID ID: 0000-0002-9839-4719.

Makatov Darkhan Kairatovich, PhD, director, «QazGeoWay» LLC, Astana, Kazakhstan, ORCID ID: 0009-0006-5059-2851

© Шабутдинов Т.Д., Савельев Д. Е., Самигуллин А.А., Гатауллин Р.А.,
Макатов Д.К.

**КЛЮЧЕВЫЕ ПРИОРИТЕТЫ В ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН**

© Ахметьянова Альбина Ильшатовна

© Кузнецов Александр Игоревич

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,

г. Уфа, Российский Федерация

Аннотация. Вопросы защиты окружающей среды становятся все более актуальными, что хорошо прослеживается из работ российских и зарубежных ученых. В Республике Башкортостан защите окружающей среды уделяется особое внимание. Ежегодно для этих целей выделяются специальные денежные средства. Среди всех текущих затрат наибольший объем денежных средств выделяется на сбор и очистку сточных вод, на обращение с отходами и на охрану атмосферного воздуха. Оценка инвестиций на мероприятия по охране окружающей среды и рациональному использованию ресурсов показывает, что общие размеры затрат за период с 2019 по 2024 гг. возросли в 2,3 раза, из которых инвестиции на охрану и рациональное использование водных ресурсов составляют 36,5%, в т.ч. на станции для очистки сточных вод – 30,5%. При этом за период с 2019 по 2024 гг. размеры инвестиций на охрану и рациональное использование водных ресурсов возросли на 58,7%, на станции для очистки сточных вод – на 41,1%. Наибольший темп роста среди размеров текущих затрат на охрану окружающей среды за период с 2019 по 2024 гг. отмечался по затратам на капитальный ремонт сооружений, установок и оборудования для размещения и обезвреживания отходов – в 9,9 раза; на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата – в 2,8 раза; на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод – в 2,7 раза; на обращение с отходами – в 2,6 раза. Таким образом, Республика Башкортостан является активным участником повестки ESG (экологичности, социальной ответственности и корпоративного управления).

Ключевые слова: окружающая среда, затраты, капитальный ремонт, текущие затраты, капитальный ремонт, инвестиции, ESG-повестка.

Для цитирования: Шабутдинов Т. Д., Савельев Д. Е., Самигуллин А. А., Гатаулин Р. А., Макатов Д. К. Нефтегазоносность гранитоидов фундамента на примере месторождения Оймаша // Геология. Известия Отделения наук и Земле и природных ресурсов. – 2025. – №2. – С. 88-98. DOI 10.24412/2949-4052-2025-2-88-98

KEY PRIORITIES IN ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

© Akhmetyanova Albina Ilshatovna

© Kuznetsov Alexander Igorevich

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education,
Ufa University of Science and Technology,
Ufa, Russian Federation

Summary. Environmental protection issues are becoming increasingly pressing, as is evident from the work of Russian and international scientists. In the Republic of Bashkortostan, special attention is paid to environmental protection. Special funds are allocated annually for these purposes. Among all current expenditures, the largest amount is allocated for wastewater collection and treatment, waste management, and air protection. An assessment of investments in environmental protection and resource efficiency measures shows that total expenditures for the period from 2019 to 2024 will amount to [amount] ... increased by 2.3 times, of which investments in the protection and rational use of water resources account for 36.5%, including 30.5% at wastewater treatment plants. Moreover, over the period from 2019 to 2024, the size of investments in the protection and rational use of water resources increased by 58.7%, at wastewater treatment plants - by 41.1%. The highest growth rate among the sizes of current expenditures on environmental protection over the period from 2019 to 2024 was noted for the costs of major repairs of structures, installations and equipment for the placement and disposal of waste - 9.9 times; for air protection and climate change prevention - 2.8 times; for the protection and rehabilitation of land, surface and groundwater - 2.7 times; for waste management - 2.6 times. Thus, the Republic of Bashkortostan is an active participant in the ESG (environmental sustainability, social responsibility, and corporate governance) agenda.

Keywords: environment, costs, capital repairs, ongoing costs, capital repairs, investments, ESG agenda.

Введение. Вопросам сохранения и защиты окружающей среды посвящены работы российских и зарубежных ученых. По мнению некоторых ученых, «тренд на декарбонизацию, переход к Индустрии 5,0 предполагают необходимость структурной перестройки российской экономики с приоритетным развитием производств глубокой переработки на фоне дальнейшего функционирования добывающих отраслей» [1]. В работе Глазыриной И.П., Забелиной И.А. и Коевакиной Е.А., «роль государственного регулирования – не только в корректировке «провалов рынка», но также в создании системных, прежде всего, инфраструктурных (в широком смысле) условий для технологических инноваций» [2]. По мнению некоторых ученых, «наибольшее влияние на рост

заболеваний у населения Ивановской области могут оказывать оксиды азота и углерода, а также летучие органические соединения» [3]. Согласно некоторым данным, «снижение затрат на охрану окружающей среды произошло в тех регионах, где фиксируется ослабление негативного воздействия производственных предприятий на природную среду» [4]. В работе других ученых показано, что «для снижения риска заболеваний дыхательной системы необходимо формировать экологическую культуру граждан, связанную с ценностным и бережным отношением человека к окружающей среде и своему здоровью» [5]. Важно и то, что «снижение антропогенного влияния на окружающую среду - на практике делает возможным использовать зеленый энергопереход в качестве инструмента конкурентной борьбы, влекущего определенные риски для стран с развивающейся экономикой» [6]. В работе Раткина Л.С. рассматриваются вопросы ESG-технологии [7], вопросы перехода к зеленой экономике исследованы в работах Кожевникова С.А. и Лебедевой М.А.[8], Баур Д., Эммерих Ф., Бауманн М.Й, Вайль М.[9] и других авторов [10, 11, 12, 13, 14, 15]. В Республике Башкортостан предпринимаются активные меры по внедрению принципов и стандартов ESG, в том числе на территории особой экономической зоны «Алга».

Целью исследования является изучение ключевых тенденций в защите окружающей среды в Республике Башкортостан, анализ видов и размеров текущих затрат, инвестиций на мероприятия по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов на территории региона.

Материалы и методы. В исследовании использованы официальные данные Федеральной службы государственной статистики Республики Башкортостан за период с 2019 по 2024 гг. В качестве основных методов использованы графический, табличный и статистический методы исследования.

Результаты исследования. Согласно официальным данным Башкортостанстата, за период с 2019 по 2024 гг. размеры текущих затрат на охрану окружающей среды возросли на 65,9% (таблица 1).

Таблица 1 – Текущие затраты на охрану окружающей среды в Республике Башкортостан (миллионов рублей) [16]

Показатели	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2024 г. в % к 2019 г.	2024 г. к 2019 г., в размах
Текущие затраты на охрану окружающей среды – всего:	11199,7	11967,4	13391,2	15319,4	15889,9	18580	165,9	1,7
в том числе: на сбор и очистку сточных вод	7678,7	7608,2	8020,2	8938,1	7910,1	9116	118,7	1,2

Показатели	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2024 г. в % к 2019 г.	2024 г. к 2019 г., в размах
на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата	838,2	944	1089,3	1031,4	1416,5	2323,3	277,2	2,8
на обращение с отходами	2227,2	2598	3307,9	4087,1	5306,9	5850,9	262,7	2,6
на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод	238,2	357,5	361,4	325,1	626,9	644,7	270,7	2,7
Затраты на капитальный ремонт основных производственных фондов по охране окружающей среды	645,2	642,4	707,2	926,7	1098	1229,8	190,6	1,9
в том числе: сооружений и установок для очистки сточных вод и рационального использования водных ресурсов	510,3	527,9	554,5	824,5	817,1	987,3	193,5	1,9
сооружений, установок и оборудования для улавливания и обезвреживания вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух	93,1	56,2	90,5	55,8	168,7	128,4	137,9	1,4
сооружений, установок и оборудования для размещения и обезвреживания отходов	8,8	36,7	56,2	36,6	90,2	87,5	994,3	9,9

Наибольший темп роста среди размеров текущих затрат на охрану окружающей среды за период с 2019 по 2024 гг. отмечался по затратам на

капитальный ремонт сооружений, установок и оборудования для размещения и обезвреживания отходов – в 9,9 раза (до 87,5 млн.руб.); на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата – в 2,8 раза (составив 2323,2 млн.руб.); на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод – в 2,7 раза (до 644,7 млн.руб.); на обращение с отходами – в 2,6 раза (до 5850,9 млн.руб.); на капитальный ремонт сооружений, установок для очистки сточных вод и рационального использования водных ресурсов – на 93,5% (до 987,3 млн.руб.); на капитальный ремонт основных производственных фондов по охране окружающей среды – на 90,6% (до 1229,8 млн.руб.); на ремонт сооружений, установок и оборудования для улавливания и обезвреживания вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух – на 37,9% (до 128,4 млн.руб.); на сбор и очистку сточных вод – на 18,7% (до 9116 млн.руб.).

Общие размеры текущих затрат возросли с 7678,7 до 9116 млн.руб., т.е. на 65,9% (рисунок 1).

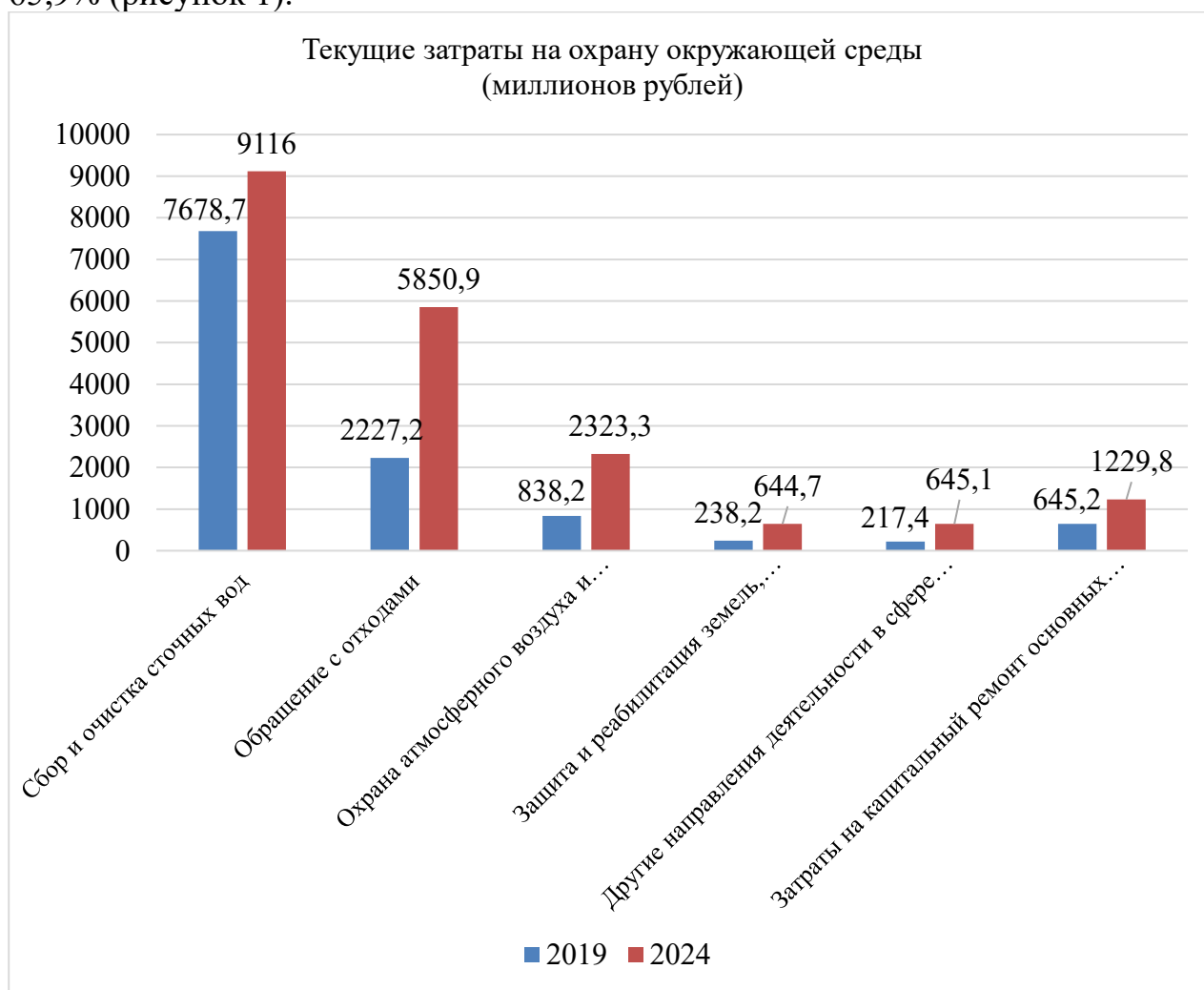


Рисунок 1 – Текущие затраты на охрану окружающей среды (миллионов рублей) [16]

Из рисунка 1 наглядно видно, что среди всех текущих затрат наибольший объем денежных средств выделяется на сбор и очистку сточных вод (9116 млн.руб.), на обращение с отходами (5850,9 млн.руб.) и на охрану атмосферного воздуха (2323,3 млн.руб.).

Таблица 2 – Инвестиции на мероприятия по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов в Республике Башкортостан (в фактически действовавших ценах; миллионов рублей) [16]

Показатели	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2024 г. в % к 2019 г.	2024 г. к 2019 г., в размах
Инвестиции на мероприятия по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов	3342,7	9401	5579,1	8800,4	7038,6	7782,4	232,8	2,3
из них: инвестиции на охрану и рациональное использование водных ресурсов	1789,9	2482,1	2924,2	5194,8	2793,9	2841	158,7	1,6
в том числе: станции для очистки сточных вод	1682	2128,1	1435,5	745,8	1379,6	2373,6	141,1	1,4

Оценка инвестиций на мероприятия по охране окружающей среды и рациональному использованию ресурсов показывает, что общие размеры затрат возросли в 2,3 раза, составив 7782,4 млн.руб., из которых инвестиции на охрану и рациональное использование водных ресурсов составляют 2841 млн.руб., в т.ч. станции для очистки сточных вод – 2373,6 млн.руб. При этом за период с 2019 по 2024 гг. размеры инвестиций на охрану и рациональное использование водных ресурсов возросли на 58,7%, на станции для очистки сточных вод – на 41,1%.

Рассмотрим структуру земельного фонда по категориям в Республике Башкортостан (рисунок 2).

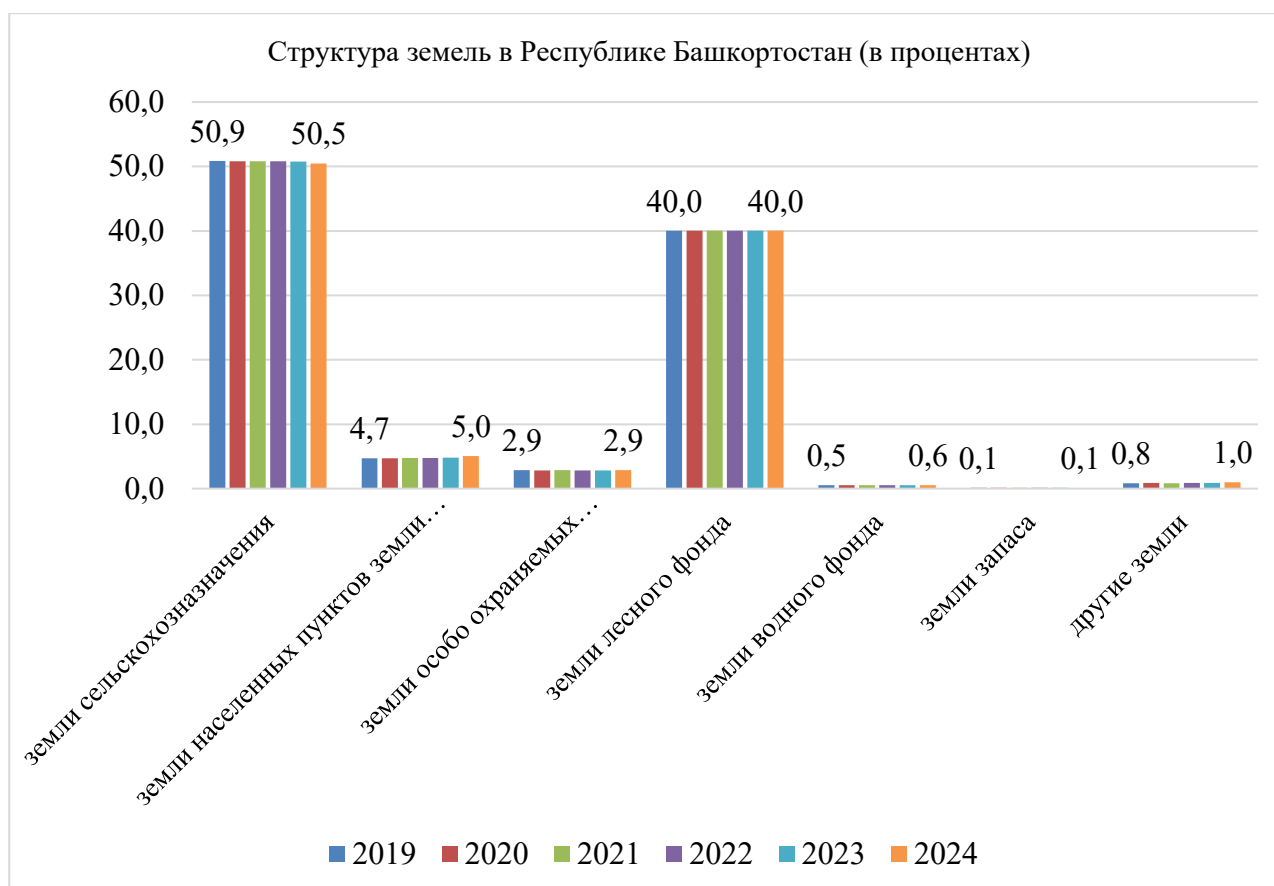


Рисунок 2 – Структура земельного фонда Республики Башкортостан (в процентах) [16]

В структуре земельного фонда Республики Башкортостан наибольший удельный вес принадлежит землям сельскохозяйственного назначения (50,5%), землям лесного фонда (40%), землям населенных пунктов (5%), землям особо охраняемых территорий и объектов (2,9%), землям водного фонда (0,6%), другим землям (1%), землям запаса (0,1%). За период с 2019 по 2024 гг. в структуре земель существенных изменений не произошло.

Выводы. Охрана окружающей среды для любой страны и любого региона является многогранной задачей, требующей комплексного и системного подхода для определения приоритетов в решении экологических проблем. В рамках глобальных вызовов, она включает в себя:

1. Ресурсосбережение, а также ориентир на сокращение выбросов парниковых газов.
2. Воспроизводство и защита лесного фонда.
3. Бережное использование водных ресурсов и контроль за загрязнением водных ресурсов.
4. Управление отходами и переход к циркулярной экономике.
5. Сокращение атмосферных выбросов от промышленных предприятий и транспорта.

6. Рациональное использование сельскохозяйственных земель, минимизация применения пестицидов и химических удобрений, сохранение плодородия почв и ряд других мероприятий.

В заключение важно отметить, что вопросы защиты окружающей среды в каждом российском регионе должны быть подняты, начиная с дошкольной системы образования, путем формирования у молодого поколения ответственного отношения к окружающей среде. Поиск способов решения экологических проблем должен осуществляться согласованно, не только на основе межведомственного и межрегионального взаимодействия, а также на уровне международного сотрудничества для изучения и практической реализации современного передового опыта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Экоинтенсивность как индикатор качества экономического роста: отраслевой аспект / О. Б. Шевелева, М. К. Куманеева, О. В. Зонова, В. С. Чеканова // Уголь. – 2025. – № 3(1191). – С. 88-91. – DOI 10.18796/0041-5790-2025-3-88-91. – EDN UYWWIZ.
2. Глазырина, И. П. Экологическая составляющая экономического развития: приграничные регионы России и Китая / И. П. Глазырина, И. А. Забелина, Е. А. Клевакина // ЭКО. – 2014. – № 6(480). – С. 5-24. – EDN SELGGJ.
3. Выбросы загрязняющих веществ в Ивановской области / А. Л. Куленцан, Н. А. Марчук, М. Ю. Башкинов [и др.] // Российский химический журнал. – 2025. – Т. 69, № 3. – С. 130-139. – DOI 10.6060/rcj.2025693.15. – EDN BKQHVI.
4. Вегнер-Козлова, Е. О. Оценка эко-интенсивности индустриально развитых регионов в контексте задач декарбонизации экономики / Е. О. Вегнер-Козлова // Региональная экономика: теория и практика. – 2024. – Т. 22, № 4(523). – С. 655-674. – DOI 10.24891/re.22.4.655. – EDN MGVPTD.
5. Влияние окружающей среды на состояние здоровья населения Сибири и Дальнего Востока / В. В. Пономарев, Д. В. Жернаков, А. В. Уколов, Р. С. Воробьев // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2025. – № 1. – С. 57-58. – EDN SFMXRI.
6. Лаврикова, Ю. Г. Зеленый энергопереход российской промышленности: барьеры и пути преодоления / Ю. Г. Лаврикова, О. Н. Бучинская, Е. О. Вегнер-Козлова // AlterEconomics. – 2022. – Т. 19, № 4. – С. 638-662. – DOI 10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.5. – EDN YNAHKV.
7. Раткин, Л. С. Оптимальное экологическое, социальное и корпоративное управление для повышения эффективности функционирования академических институтов и промышленных производств: капиталовложения в наилучшие доступные ESG-технологии и отраслевые инновационные практики / Л. С. Раткин // Инвестиции в России. – 2022. – № 11(334). – С. 31-34. – EDN QPWCLD.

8. Кожевников, С. А. Проблемы перехода к зеленой экономике в регионе (на материалах Европейского Севера России) / С. А. Кожевников, М. А. Лебедева // Проблемы развития территории. – 2019. – № 4(102). – С. 72-88. – DOI 10.15838/ptd.2019.4.102.4. – EDN CLSQLS.
9. Оценка общественного принятия ключевых технологий для энергетического перехода Германии / Д. Баур, Ф. Эммерих, М. Й. Бауманн, М. Вайль // Энергия, устойчивое развитие и общество. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 1–16. – DOI 10.1186/s13705-021-00329-x. – EDN ZXCEFT.
10. International Experience, Principles and Conditions for the Transition to a "Green Economy" / D. Kudelas, E. Domru, A. Stoianov, D. Peters // E3S Web of Conferences : 3rd International Innovative Mining Symposium, IIMS 2018: Electronic edition, Kemerovo, 03–05 октября 2018 года. Vol. 41. – Kemerovo: EDP Sciences, 2018. – DOI 10.1051/e3sconf/20184104023. – EDN XVTRPF.
11. Mitrofanova, I. V. Decarbonization of the economy - the general trend of development of Russia and its regions in the 21st century / I. V. Mitrofanova // Regional economy. South Of Russia. – 2021. – Vol. 9, No. 4. – P. 4-13. – DOI 10.15688/re.volsu.2021.4.1. – EDN MFGOEW.
12. Дмитриева, Д. М. Декарбонизация нефтегазового комплекса в контексте устойчивого развития: ключевые направления и возможные сценарии для Арктического региона / Д. М. Дмитриева, Д. О. Скобелев // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2023. – Т. 26, № 2(80). – С. 7-23. – DOI 10.37614/2220-802X.2.2023.80.001. – EDN GDHQRG.
13. Исупова, О. А. Влияние декарбонизации экономики на развитие интеграционных объединений в ресурсном регионе / О. А. Исупова, А. Г. Пимонов // Экономика и управление инновациями. – 2023. – № 3(26). – С. 64-75. – DOI 10.26730/2587-5574-2023-3-64-75. – EDN YBFJUG.
14. Некоторые вызовы и возможности для России и регионов в плане глобального тренда декарбонизации / Д. К. Нургалиев, С. Ю. Селивановская, М. В. Кожевникова, П. Ю. Галицкая // Георесурсы. – 2021. – Т. 23, № 3. – С. 8-16. – DOI 10.18599/grs.2021.3.2. – EDN TZPPPI.
15. Некоторые вызовы и возможности для России и регионов в плане глобального тренда декарбонизации / Д. К. Нургалиев, С. Ю. Селивановская, М. В. Кожевникова, П. Ю. Галицкая // Георесурсы. – 2021. – Т. 23, № 3. – С. 8-16. – DOI 10.18599/grs.2021.3.2. – EDN TZPPPI.
16. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации. <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения: 12.06.2025).

REFERENCES

1. Eco-intensity as an indicator of the quality of economic growth: sectoral aspect / O. B. Sheveleva, M. K. Kumaneeva, O. V. Zonova, V. S. Chekanova // Coal. - 2025. -

- No. 3 (1191). - Pp. 88-91. - DOI 10.18796/0041-5790-2025-3-88-91. - EDN UYWWIZ.
2. Glazyrina, I. P. Environmental component of economic development: border regions of Russia and China / I. P. Glazyrina, I. A. Zabelina, E. A. Klevakina // ECO. - 2014. - No. 6 (480). - Pp. 5-24. - EDN SELGGJ.
 3. Pollutant emissions in the Ivanovo region / A. L. Kulenzan, N. A. Marchuk, M. Yu. Bashkinov [et al.] // Russian Chemical Journal. - 2025. - Vol. 69, No. 3. - P. 130-139. - DOI 10.6060/rcj.2025693.15. - EDN BKQHVI.
 4. Wegner-Kozlova, E. O. Assessment of the eco-intensity of industrially developed regions in the context of economic decarbonization tasks / E. O. Wegner-Kozlova // Regional Economics: Theory and Practice. - 2024. - Vol. 22, No. 4(523). - P. 655-674. - DOI 10.24891/re.22.4.655. – EDN MGVPTD.
 5. The Impact of the Environment on the Health of the Population of Siberia and the Far East / V. V. Ponomarev, D. V. Zhernakov, A. V. Ukolov, R. S. Vorobyov // Physical Culture: Upbringing, Education, Training. – 2025. – No. 1. – Pp. 57-58. – EDN SFMXRI.
 6. Lavrikova, Yu. G. Green Energy Transition of Russian Industry: Barriers and Ways to Overcome them / Yu. G. Lavrikova, O. N. Buchinskaya, E. O. Wegner-Kozlova // AlterEconomics. – 2022. – Vol. 19, No. 4. – Pp. 638-662. – DOI 10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.5. – EDN YNAHKV.
 7. Ratkin, L. S. Optimal environmental, social and corporate governance to improve the performance of academic institutions and industrial production: investments in the best available ESG technologies and industry innovative practices / L. S. Ratkin // Investments in Russia. - 2022. - No. 11 (334). - Pp. 31-34. - EDN QPWCL0.
 8. Kozhevnikov, S. A. Problems of transition to a green economy in the region (based on materials from the European North of Russia) / S. A. Kozhevnikov, M. A. Lebedeva // Problems of territorial development. - 2019. - No. 4 (102). - Pp. 72-88. - DOI 10.15838/ptd.2019.4.102.4. - EDN CLSQLS.
 9. Assessing the Public Acceptance of Key Technologies for Germany's Energy Transition / D. Baur, F. Emmerich, M. J. Baumann, M. Weil // Energy, Sustainable Development and Society. - 2022. - Vol. 12, No. 1. - Pp. 1–16. - DOI 10.1186/s13705-021-00329-x. - EDN ZXCEFT.
 10. International Experience, Principles and Conditions for the Transition to a "Green Economy" / D. Kudelas, E. Domru, A. Stoianov, D. Peters // E3S Web of Conferences : 3rd International Innovative Mining Symposium, IIMS 2018: Electronic edition, Kemerovo, October 3–5, 2018. Vol. 41. – Kemerovo: EDP Sciences, 2018. – DOI 10.1051/e3sconf/20184104023. – EDN XVTRPF.
 11. Mitrofanova, I. V. Decarbonization of the economy - the general trend of development of Russia and its regions in the 21st century / I. V. Mitrofanova // Regional economy. South Of Russia. – 2021. – Vol. 9, No. 4. – P. 4-13. – DOI 10.15688/re.volsu.2021.4.1. – EDN MFG0EW.

12. Dmitrieva, D. M. Decarbonization of the oil and gas complex in the context of sustainable development: key directions and possible scenarios for the Arctic region / D. M. Dmitrieva, D. O. Skobelev // North and market: formation of economic order. – 2023. – Vol. 26, No. 2(80). – P. 7-23. – DOI 10.37614/2220-802X.2.2023.80.001. – EDN GDHQRG.
13. Isupova, O. A. The Impact of Economic Decarbonization on the Development of Integration Associations in a Resource Region / O. A. Isupova, A. G. Pimanov // Economy and Innovation Management. – 2023. – No. 3(26). – P. 64-75. – DOI 10.26730/2587-5574-2023-3-64-75. – EDN YBFJUG.
14. Some challenges and opportunities for Russia and its regions in terms of the global decarbonization trend / D. K. Nurgaliev, S. Yu. Selivanovskaya, M. V. Kozhevnikova, P. Yu. Galitskaya // Georesources. - 2021. - Vol. 23, No. 3. - Pp. 8-16. - DOI 10.18599/grs.2021.3.2. - EDN TZPPPI.
15. Some challenges and opportunities for Russia and its regions in terms of the global decarbonization trend / D. K. Nurgaliev, S. Yu. Selivanovskaya, M. V. Kozhevnikova, P. Yu. Galitskaya // Georesources. - 2021. - Vol. 23, No. 3. - Pp. 8-16. – DOI 10.18599/grs.2021.3.2. – EDN TZPPPI.
16. Official website of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation. <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (accessed: 12.06.2025).

Сведения об авторах:

Ахметьянова Альбина Ильшатовна, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель. ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий». 450076, Российская Федерация, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32. ORCID ID: 0000-0002-5739-769X. E-mail: ai-albina@mail.ru.

Кузнецов Александр Игоревич, студент, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий». 450076, Российская Федерация г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32. ORCID ID: 0009-0008-6364-2867. E-mail: aleksander2055@mail.ru.

Author's personal details:

Akhmetyanova Albina Ilshatovna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Lecturer. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ufa University of Science and Technology». 450076, g. Ufa, ul. Zaki Validi, 32. ORCID ID: 0000-0002-5739-769X. E-mail: ai-albina@mail.ru.

Kuznetsov Aleksandr Igorevich, student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ufa University of Science and Technology». 450076, g. Ufa, ul. Zaki Validi, 32. ORCID ID: 0009-0008-6364-2867. E-mail: aleksander2055@mail.ru.

© Ахметьянова А.И., Кузнецов А.И.