

ISSN 0016-7762 (Print)  
ISSN 2618-8708 (Online)

2023

Том 65, № 5  
Vol. 65, #5

PROCEEDINGS OF HIGHER  
EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS  
GEOLOGY AND EXPLORATION

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

5

# ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет  
имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ)

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
**ГЕОЛОГИЯ**  
И РАЗВЕДКА  
Научно-методический журнал

**Том 65, № 5**  
2023

Журнал издается с января 1958 г.  
Периодичность: 6 раз в год

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation  
Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting (MGRU)

PROCEEDINGS OF HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS

**GEOLOGY**  
AND  
EXPLORATION

Scientific methodological journal

**Vol. 65, No. 5**  
2023

The journal has been published since 1958  
Frequency: Bimonthly

**ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ**

В журнале «Известия высших учебных заведений. Геология и разведка» публикуются статьи, содержащие результаты теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в вузах и научно-исследовательских учреждениях, геолого-разведочных предприятиях, а также в порядке личной инициативы авторов. Печатаются обзорные статьи, освещающие современное состояние актуальных проблем геологической науки и геолого-разведочной практики, материалы научных конференций, симпозиумов и совещаний. Журнал пропагандирует передовой производственный опыт.

Журнал «Известия высших учебных заведений. Геология и разведка» за более чем 60 лет своей деятельности утвердил себя как одно из ведущих и авторитетных научных периодических изданий в области наук о Земле. Он действительно участвует в решении научно-технических проблем, пропагандирует новейшие достижения и укрепляет авторитет вузовской и отраслевой науки в области геологии, способствует повышению уровня подготовки высококвалифицированных инженерных, научных и педагогических кадров.

**Главный редактор**

**Керимов Вагиф Юнус оглы**, заслуженный геолог Российской Федерации, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Российский государственный геолого-разведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия

**Заместители главного редактора**

**Кузнецов Николай Борисович**, член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, Геологический институт Российской академии наук, г. Москва, Россия

**Попов Юрий Анатольевич**, доктор физико-математических наук, профессор, Сколковский институт науки и технологий, г. Москва, Россия

**Члены редакционной коллегии**

**Гаранин Виктор Константинович**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Минералогический музей имени А.Е. Ферсмана РАН, г. Москва, Россия

**Дроздов Дмитрий Степанович**, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Институт криосферы Земли Сибирского отделения РАН, г. Тюмень, Россия

**Дронов Андрей Викторович**, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Геологический институт РАН, г. Москва, Россия

**Игнатьева Маргарита Николаевна**, доктор экономических наук, профессор, Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

**Леонов Михаил Георгиевич**, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Геологический институт РАН, г. Москва, Россия

**Маслов Андрей Викторович**, член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия

**Марин Юрий Борисович**, член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

**Петров Владислав Александрович**, член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, директор Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва, Россия

**Плечов Павел Юрьевич**, доктор геолого-минералогических наук, директор, Минералогический музей имени А.Е. Ферсмана, г. Москва, Россия

**Самсонов Александр Владимирович**, член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва, Россия

**Семинский Константин Жанович**, доктор геолого-минералогических наук, Институт земной коры Сибирского отделения РАН, г. Иркутск, Россия

**Тихоцкий Сергей Андреевич**, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

**Толстов Александр Васильевич**, заслуженный геолог Российской Федерации, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Акционерная компания АЛРОСА (ПАО), Республика Саха (Якутия), г. Мирный, Россия

**Фридовский Валерий Юрьевич**, член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор, Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения РАН, г. Якутск, Россия

**Серов Сергей Геннадьевич**, ответственный секретарь, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия

**Иностранцы члены редакционной коллегии**

**Амро Мухамед Муса**, PhD, директор Института бурения и добычи, Технический университет «Горная академия Фрайберг», г. Фрайберг, Германия

**Баосун Ма**, PhD, профессор, профессор и руководитель аспирантов, Университет Сунь Ятсена, г. Гуанчжоу, Китай

**Вердоа Массимо**, PhD, профессор, Университет Генуи, г. Генуя, Италия

**Гулиев Ибрагим Саид оглы**, академик НАН Азербайджана, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Национальная академия наук Азербайджана, г. Баку, Азербайджан

**Етирмишли Гурбан Джалал оглы**, член-корреспондент НАН Азербайджана, доктор геолого-минералогических наук, генеральный директор Республиканского центра сейсмологической службы, Национальная академия наук Азербайджана, г. Баку, Азербайджан

**Фулун Нин**, PhD, профессор, профессор и руководитель аспирантов Национального центра международных совместных исследований по глубокому бурению и разработке месторождений полезных ископаемых, Китайский геологоразведочный университет, г. Ухань, Китай

**Хуанг Шаопенг**, PhD, профессор, Сианьский университет Цзяотун, г. Сиань, Китай; Шэньчжэньский университет, г. Шэньчжэнь, Китай; приглашенный научный сотрудник, Университет Мичигана, г. Энн-Арбор, США

**Шестопалов Юрий Викторович**, доктор физико-математических наук, профессор, кафедра электроники, математики и естественных наук, Университет Евле, г. Евле, Швеция

**Эпельбаум Лев Виленович**, Dr. of Sci. (Geophys.), профессор кафедры геофизики, Тель-Авивский университет, г. Тель-Авив, Израиль

#### Редакционный совет

##### Председатель редакционного совета

**Панов Юрий Петрович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ректор, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия

##### Члены редакционного совета

**Гусев Павел Николаевич**, главный редактор, газета «Московский комсомолец», г. Москва, Россия (по согласованию)

**Игнатов Пётр Алексеевич**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия

**Машковцев Григорий Анатольевич**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского, г. Москва, Россия (по согласованию)

**Мустаев Рустам Наильевич**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия

**Назарова Зинаида Михайловна**, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, доктор экономических наук, профессор, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия

**Трубецкой Климент Николаевич**, академик РАН, доктор технических наук, профессор, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Россия

История издания журнала	Издается с января 1958 г.
Периодичность	6 раз в год
Префикс DOI	<a href="https://doi.org/10.32454/">https://doi.org/10.32454/</a>
ISSN print	0016-7762
ISSN online	2618-8708
Свидетельство о регистрации средства массовой информации	ПИ №ФС77-59165 от 18.09.2014 г. (Роскомнадзор)
Учредитель и издатель	ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), 23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
Редакция	ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», Серов Сергей Геннадьевич (ответственный секретарь) 23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия +7 (495) 255-15-10, доб. 2289 <a href="https://www.geology-mgri.ru">https://www.geology-mgri.ru</a> E-mail: <a href="mailto:journal-geology@mgri.ru">journal-geology@mgri.ru</a>
Тираж	100 экз.
Дата выхода в свет	31.10.2023
Типография	Отпечатано в ООО «Издательство «Триада»: 9, оф. 514, Чайковского пр., г. Тверь 170034, Россия
Копирайт	© Известия высших учебных заведений. Геология и разведка, 2023
Стоимость одного выпуска	Свободная цена
Условия распространения материалов	Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License
Индексация	РИНЦ, DOAJ, GeoRef, Google Scholar, Chemical Abstracts, Worldcat. Включен в Ulrich's Periodicals Directory. Журнал входит в перечень периодических научных изданий РФ, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук

## FOCUS AND SCOPE

*Proceedings of Higher Educational Establishments. Geology and Exploration* publishes original scientific articles presenting significant results of theoretical and experimental studies carried out by researchers from universities, research institutions and exploration companies, as well as by independent investigators. The Journal publishes review articles on topical issues of geological science and mineral resource exploration practice, along with the materials of such scientific events as conferences, workshops and roundtables. The Journal is also aimed at promoting advanced industrial experience.

During more than 60 years of its existence the Journal *Proceedings of Higher Educational Establishments. Geology and Exploration* has established itself as one of the leading and reputable scientific periodicals of the country in the field of Earth sciences. The Journal effectively participates in solving of scientific and technical problems, promoting the latest progresses and strengthens the authority of university and industry research in geology. It helps to improve the preparation of highly qualified engineers, scientists and teachers.

### Editor-in-Chief

**Vagif Y. Kerimov**, Honored Geologist of the Russian Federation, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia

### Deputy Editors-in-Chief

**Nikolay B. Kuznetsov**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Deputy Director for research, Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Yuri A. Popov**, Dr. of Sci. (Phys.-Math.), Prof., Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia

### Editorial Board

**Viktor K. Garanin**, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., Fersman Mineralogical Museum, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Dmitry S. Drozdov**, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Senior Researcher, Institute of the Earth Cryosphere of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

**Andrey V. Dronov**, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Senior Scientist, Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Margarita N. Ignatyeva**, Dr. of Sci. (Economics), Prof., Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia

**Mikhail G. Leonov**, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Senior Scientist, Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Andrey V. Maslov**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

**Yuriy B. Marin**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., Saint-Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia

**Vladislav A. Petrov**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Director, Institute of Geology of ore deposits, petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Pavel Yu. Plechov**, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., Director, Fersman Mineralogical Museum, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Alexander V. Samsonov**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Konstantin Zh. Seminsky**, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Institute of the Earth's Crust of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

**Sergey A. Tikhotskiy**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Phys.-Math.), Director, Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Alexander V. Tolstov**, Honored Geologist of the Russian Federation, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., ALROSA Public Joint Stock Company, Mirny, Yakutia, Russia

**Valeriy Yu. Fridovsky**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., Director, Diamond and Precious Metal Geology Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia

**Sergey G. Serov**, executive secretary, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia

### Foreign members of the Editorial Board

**Moh'd M. Amro**, PhD, Director of Institute of Drilling Technology and Fluid Mining, Technical University Bergakemie Freiberg, Freiberg, Germany

**Ma Baosong**, PhD, Prof., research supervisor of doctoral students, Sun YatSen University, Guangzhou, China

**Massimo Verdoxa**, PhD, Prof., Università degli Studi di Genova, Genoa, Italy

**Ibrahim S. Guliev**, Academician of the NAS of Azerbaijan, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

**Gurban J. Yetirmishli**, Corresponding Member of Azerbaijan National Academy of Sciences (ANAS), Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), General director of Republican Seismic Survey Center of ANAS head of seismology division, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

**Ning Fulong**, PhD, Prof., research supervisor of doctoral students at the National Center for International Research on Deep Earth Drilling and Resource Development, China University of Geosciences, Wuhan, China

**Shaopeng Huang**, PhD, Prof., Shenzhen University, Institute of Deep Earth Sciences and Green Energy, Shenzhen, China; Adjunct Research Scientist, Department of Earth and Environmental, University of Michigan, Ann Arbor, USA

**Yury V. Shestopalov**, Dr. of Sci. (Phys.-Math.), Department of Electronics, Mathematics and Natural Sciences, University of Gävle, Gävle, Sweden

**Lev V. Eppelbaum**, Dr. of Sci. (Geophys.), Prof., Department of Geophysics, Tel Aviv University, Tel-Aviv, Israel

#### Editorial Council

##### Chairman of the Editorial Council

**Yuri P. Panov**, Cand. of Sci. (Engineering), Senior Researcher, Rector, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia

##### Members of the Editorial Council

**Pavel N. Gusev**, Editor-in-Chief, Moskovskii Komsomolets newspaper, Moscow, Russia

**Petr A. Ignatov**, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia

**Grigoriy A. Mashkovtsev**, Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., Director, All-Russian Scientific Research Institute of Mineral Resources named after N.M. Fedorovsky, Moscow, Russia

**Rustam N. Mustaev**, Cand. of Sci. (Geol.-Mineral.), Associate Professor, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia

**Zinaida M. Nazarova**, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Dr. of Sci. (Economics), Prof., Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia

**Kliment N. Trubetskoy**, Academician of the Russian Academy of Science, Dr. of Sci. (Engineering), Prof., Academician N.V. Melnikov Institute of Problems of Integrated Development of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Founded	The journal has been published since January, 1958
Frequency	6 times per year
DOI Prefix	<a href="https://doi.org/10.32454/">https://doi.org/10.32454/</a>
ISSN print	0016-7762
ISSN online	2618-8708
Mass Media Registration Certificate	PI No. FS 77-59165 issued 18.09.2014 by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor)
Founder and Publisher	Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
Editorial Office	Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Sergey G. Serov (executive secretary) 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia +7 (495) 255-15-10, ext. 2289 <a href="https://www.geology-mgri.ru">https://www.geology-mgri.ru</a> E-mail: <a href="mailto:journal-geology@mgri.ru">journal-geology@mgri.ru</a>
Circulation	100 copies
Publication date	31.10.2023
Printing House	"Triada" publishing house: 9, Tchaikovsky Ave, office 514, Tver 170034, Russia
Copyright	© Proceedings of Higher Educational Establishments. Geology and Exploration
Price	Flexible
Distribution	The content is distributed under the Creative Common License CC BY
Indexation	Russian Science Citation Index (RSCI), DOAJ, GeoRef, Google Scholar, Chemical Abstracts, Worldcat, Ulrich's Periodicals Directory. The Journal is included in the List compiled by the Higher Attestation Commission of the Russian Federation of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of dissertations for obtaining the scientific degree of the Candidate of Sciences or Doctor of Science are to be published.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИКА ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

---

**8** **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ**

*Ю.П. ПАНОВ, А.А. ГРАБСКИЙ, А.А. РОЖКОВ*

**22** **НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ, ТЕХНОЛОГИЙ БУРЕНИЯ И ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН**

*П.В. ОВЧИННИКОВ, А.С. СЫРЧИНА*

### ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

---

**33** **УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ В ТУРКМЕНСКОМ СЕКТОРЕ ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО БАССЕЙНА**

*У.С. СЕРИКОВА, М.А. АЛЛАНАЗАРОВА*

**52** **ОПТИМАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС И НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ГРП В АКВАТОРИИ ОХОТСКОГО МОРЯ**

*А.К. ШАТЫРОВ*

### МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ

---

**59** **ЮВЕЛИРНО-ПОДЕЛОЧНЫЕ КОНКРЕЦИИ С ФОССИЛИЯМИ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ, ГЕМОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

*Д.А. ПЕТРОЧЕНКОВ, Е.Ю. БАРАБОШКИН*

### ЭКОНОМИКА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

---

**72** **ФИНАНСИРОВАНИЕ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ В ПЕРИОД ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СТРАНЫ**

*С.М. САЛЬМАНОВ, З.М. НАЗАРОВА, Ю.А. ЛЕОНИДОВА*

### ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

---

**81** **ОСОБЕННОСТИ ОБСТАНОВОК ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕНОСА ОБЛОМОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ПЕРИОД ФОРМИРОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПАЛЕОБАССЕЙНОВ СЕВЕРА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЧНОЙ СЕТИ**

*Н.А. ОРЛОВА, М.В. ОРЛОВ*

### ВОПРОСЫ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

---

**90** **ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ» В ИНСТИТУТЕ НАУК О ЗЕМЛЕ ЮФУ**

*Н.В. ГРАНОВСКАЯ, Т.В. ШАРОВА*

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

---

**96** **УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ПО ЛИТОЛОГИИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД**

*В.Г. КУЗНЕЦОВ*

### НЕКРОЛОГ

---

**99** **АКАДЕМИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК АЛЕКСЕЙ ЭМИЛЬЕВИЧ КОНТОРОВИЧ**

**GEOLOGICAL EXPLORATION TECHNIQUE**

---

- 8** **CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR DIGITALIZATION OF THE RUSSIAN COAL INDUSTRY**  
*YURI P. PANOV, ALEXANDR A. GRABSKI, ANATOLY A. ROZHKOV*
- 22** **OPTIMIZATION METHODS FOR WELL DESIGNS, DRILLING AND WELL COMPLETION TECHNOLOGIES**  
*PAVEL V. OVCHINNIKOV, ANASTASIA S. SYRCHINA*

**GEOLOGY AND PROSPECTING FOR HYDROCARBON RESERVES**

---

- 33** **FORMATION CONDITIONS OF HYDROCARBON SYSTEMS IN THE TURKMEN SECTOR OF THE SOUTH CASPIAN BASIN**  
*ULYANA S. SERIKOVA, MEHRIBAN A. ALLANAZAROVA*
- 52** **OPTIMAL SET OF GEOLOGICAL EXPLORATION WORKS AND DEVELOPMENT DIRECTIONS IN THE SEA OF OKHOTSK**  
*ANAR K. SHATYROV*

**MINERALOGY, PETROGRAPHY, LITHOLOGY**

---

- 59** **JEWELRY AND ORNAMENTAL CONCRETIONS WITH FOSSILS OF THE REPUBLIC OF KABARDINO-BALKARIA. MINERAL COMPOSITION, GEMOLOGICAL CHARACTERISTICS**  
*DMITRY A. PETROCHENKOV, EVGENY Yu. BARABOSHKIN*

**MINERAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION ECONOMICS**

---

- 72** **FUNDING OF GEOLOGICAL EXPLORATION DURING TRANSFORMATION OF THE RUSSIAN ECONOMIC SYSTEM**  
*SERGEY S. SALMANOV, ZINAIDA M. NAZAROVA, YULIYA A. LEONIDOVA*

**HYDROGEOLOGY AND ENGINEERING GEOLOGY**

---

- 81** **SEDIMENTATION CONDITIONS AND CLAST TRANSPORT DURING THE FORMATION OF SEDIMENTARY PALEOBASINS IN THE NORTH OF IRKUTSK OBLAST AND RIVER NETWORK FORMATION**  
*NADEZHDA A. ORLOVA, MICHAEL V. ORLOV*

**GEOLOGIC AND PROSPECTING EDUCATION ISSUES**

---

- 90** **DIGITALIZATION OF THE EDUCATIONAL PROGRAM OF APPLIED GEOLOGY AT THE INSTITUTE OF EARTH SCIENCES OF SOUTHERN FEDERAL UNIVERSITY**  
*NATALIA V. GRANOVSKAYA, TATIANA V. SHAROVA*

**CRITICS AND BIBLIOGRAPHY**

---

- 96** **TEXTBOOKS ON LITHOLOGY OF CARBONATE ROCKS**  
*VITALY G. KUZNETSOV*

**MEMORIAL**

---

- 99** **ACADEMICIAN OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES ALEXEY E. KONTOROVICH**



## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

Ю.П. ПАНОВ<sup>1</sup>, А.А. ГРАБСКИЙ<sup>1,\*</sup>, А.А. РОЖКОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»  
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «Российское энергетическое агентство»  
105, стр. 1, пр-кт Мира, г. Москва 129085, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Инновационные разработки роботизированных систем добычи и переработки полезных ископаемых уже в ближайшее время смогут принципиально изменить технико-технологические принципы функционирования горных предприятий и приблизить нас к созданию интеллектуального горного предприятия.

**Цель.** На основе анализа текущего состояния использования в угольных компаниях России техники, технологий и современных инновационных разработок с цифровыми элементами промышленной стратегии «Индустрия 4.0» разработать обоснованные предложения по созданию нового инновационного цифрового технологического базиса угольной промышленности.

**Материалы и методы.** Исследование базировалось на системном подходе, теории цепочек добавленной стоимости, методах экспертных оценок, технологического форсайта, логического и сравнительного анализов, экономико-статистической обработки информации, включая ее табличную интерпретацию. Информационной базой исследования явились данные угольных компаний, АО «Росинформуголь», интернет-источники и публикации в открытой печати.

**Результаты.** Предлагается сформировать и развивать пять групп ключевых технологических цифровых отраслевых платформ (ТП) с кратким описанием технологий и направлений их развития: 1) ТП «Поисковые и разведочные работы»; 2) ТП «Технологии подземных горных работ»; 3) ТП «Технологии открытых горных работ»; 4) ТП «Технологии переработки угля и отходов производства»; 5) ТП «Технологии транспортировки горной массы». При этом предлагается перспективные возможности инновационного цифрового потенциала угольной промышленности реализовать в два этапа с осуществлением в итоге структурно-инновационной и цифровой трансформации угольной отрасли.

**Заключение.** На основе предлагаемых новых инновационных технологических цифровых платформ угольной промышленности России будут решаться следующие актуальные задачи:

- определение основных требований и функциональных свойств отечественной угольной промышленности на базе стратегии «Индустрия 4.0» и принципов их осуществления;
  - определение основных технологических направлений по основным секторам (процессам) технологического развития угольной отрасли: поисковые и разведочные работы; подземная и открытая добыча угля; обогащение, переработка угля и отходов производства; транспортировка угля;
  - определение основных компонентов, технологий, информационных и управленческих решений во всех вышеуказанных процессах;
  - диверсификация деятельности угледобывающих компаний при создании продуктов с высокой добавленной стоимостью;
  - преодоление технологического разрыва и импортозависимости путем реализации поэтапного импортозамещения и инновационного развития российской угольной промышленности и отечественного горного машиностроения с достижением технологического суверенитета.
- Кроме того, результаты исследования позволят эффективно использовать при создании на принципах государственно-частного партнерства единой сети научно-образовательных центров для разработки и доведения до промышленного использования прорывных иннова-

ционных технологий в угольной, горной и геолого-разведочной отраслях промышленности, а также при подготовке высококвалифицированных кадров на базе МГРИ.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, угольная промышленность, инновации, Индустрия 4.0, IT, технологическая платформа, подготовка высококвалифицированных кадров на базе МГРИ

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Панов Ю.П., Грабский А.А., Рожков А.А. Современное состояние и перспективы развития цифровых технологий в угольной промышленности России. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2023;65(5):8—21. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-8-21>

Статья поступила в редакцию 25.08.2023

Принята к публикации 30.09.2023

Опубликована 31.10.2023

\* Автор, ответственный за переписку

## CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR DIGITALIZATION OF THE RUSSIAN COAL INDUSTRY

YURI P. PANOV<sup>1</sup>, ALEXANDR A. GRABSKI<sup>1,\*</sup>, ANATOLY A. ROZHKOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting  
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

<sup>2</sup> *Russian Energy Agency  
105, bld. 1, Mira Ave., Moscow 129085, Russia*

### ABSTRACT

**Background.** Innovative robotic systems for mineral extraction and processing are increasingly changing the core operational principles of mining enterprises, thus making the creation of an intelligent mining enterprise a reality.

**Aim.** To develop a set of proposals for promoting the digitalization of the coal industry in Russia by carrying out an analysis of the current state of implementation of innovative equipment and digital technologies within the Industry 4.0 state initiative in Russian coal companies.

**Materials and methods.** The research was conducted using the methods of systems approach, value chain theory, expert evaluation, technological foresight, logical and comparative analysis, economic and statistical processing of information, including its tabular interpretation. The research materials included the data of coal companies, JSC “Rosinformugol”, Internet sources, and open publications.

**Results.** The proposal is made to develop five groups of key technological digital industry platforms (TP), as follows: 1) TP “Prospecting and exploration works”; 2) TP “Underground mining technologies”; 3) TP “Open-pit mining technologies”; 4) TP “Technologies for processing coal and industrial waste”; 5) TP “Technologies for transporting rock mass”. It is proposed to implement the innovative digital potential of the coal industry in two stages, thereby completing the structural and digital transformation of the coal industry.

**Conclusion.** The proposed TPs of the Russian coal industry should solve the following tasks:

- determination of the basic requirements and functional properties of the Russian coal industry based on the Industry 4.0 state initiative, along with the principles of their implementation;
- determination of the main technological directions for the main sectors (processes) of technological development of the coal industry, including prospecting and exploration; underground and open-pit coal mining; upgrading and processing of coal and industrial waste; transportation of coal;
- identification of the main components, technologies, information and management solutions in all the above processes;

- diversification of the activities of coal mining companies in the creation of products with high added value;
- overcoming the technological gap and import dependence by implementing phased import substitution and innovative development of the Russian coal industry and mining engineering with the achievement of technological sovereignty.

The research results can be used when creating a unified network of scientific and educational centers on the principles of public-private partnership for the development and industrial implementation of innovative technologies in the coal, mining, and exploration industries, as well as in the training of highly-qualified personnel on the basis of Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

**Keywords:** digital technologies, coal industry, innovations, Industry 4.0, IT technologies, technology platform, highly qualified personnel training, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**Financial disclosure:** no financial support was provided for this study.

**For citation:** Panov Yu.P., Grabski A.A., Rozhkov A.A. Current state and prospects for digitalization of the Russian coal industry. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(5):8—21. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-8-21>

*Manuscript received 25 August 2023*

*Accepted 30 September 2023*

*Published 31 October 2023*

\* Corresponding author

Выполнен обзорный анализ текущего состояния использования в угольных компаниях России техники, технологий и современных инновационных разработок с цифровыми элементами промышленной стратегии «Индустрия 4.0». Для создания нового инновационного цифрового технологического базиса угольной промышленности предлагается сформировать и развивать пять групп ключевых технологических платформ. При этом предлагается перспективные возможности инновационного цифрового потенциала угольной промышленности реализовать в два этапа с осуществлением в итоге структурно-инновационной и цифровой трансформации угольной отрасли.

Технико-экономическое развитие человечества протекает в форме последовательной смены поколений (этапов, укладов, парадигм), каждое из которых характеризуется определенными первичными ресурсами, материалами, конечными продуктами, технологическими процессами, типом общественного потребления и др. Причиной прерывистого (ступенчатого) характера развития является сопряженность производственных процессов одной технологической совокупности.

На современном этапе развития выделяются шесть технологических укладов. Каждый

из укладов в своем развитии проходил различные стадии эволюции, отличающиеся мерой его влияния на общий экономический рост в стране. Устаревшие уклады, теряя свое решающее влияние на темпы роста, оставляли в составе национального богатства страны созданные производственные, инфраструктурные объекты, культурное наследие, знания и т.п. [1].

Взаимосвязь технологических укладов с уровнем развития экономики можно определить следующим образом: первые четыре являются индустриальными, а пятый и шестой — постиндустриальными технологическими укладами.

Смена технологических укладов с последующим резким скачком производительности и ростом экономики приводила к промышленным (индустриальным) революциям. Опосредовано со сменой технологических укладов, сменяются и циклы развития науки. При этом эволюции мировых промышленных революций соответствуют и присутствующие им мировые энергетические ступени развития [2, 3].

Начавшаяся в конце XX века автоматизация промышленности, несмотря на активное внедрение информационных технологий (или информационно-коммуникационных технологий — ИТ), электроники и промышленной робототехники

в производственные процессы, носила преимущественно локальный характер, когда каждое предприятие или подразделения внутри одного предприятия использовали собственную систему управления (или их сочетание), которые были несовместимы с другими системами.

Развитие Интернета, ИТ, устойчивых каналов связи, облачных технологий и цифровых платформ, а также информационный «взрыв», вырвавшийся из разных каналов данных, обеспечили появление открытых информационных систем и глобальных промышленных сетей (выходящих за границы отдельного предприятия и взаимодействующих между собой), которые оказывают преобразующее воздействие на все сектора современной экономики и бизнеса за пределами самого сектора ИТ и переводят промышленную автоматизацию на новую, четвертую ступень индустриализации.

Переход к 4-й промышленной революции связан с развитием инновационных технологий, в основе которых лежат концепция промышлен-

ной стратегии «Индустрия 4.0» и соответствующие цифровые технологии.

На рисунке 1 представлена возможная систематизация основных элементов промышленной стратегии «Индустрия 4.0» по базовым процессам горного производства [2, 3].

В настоящее время в угольной промышленности наиболее широко цифровизацией охвачены традиционные сферы оперативно-диспетчерского управления, бухгалтерского учета, финансовой, договорной, снабженческой деятельности, документооборота, профессионального образования и переподготовки.

Ведущие российские угольные компании продолжают активное внедрение цифровых технологий для автоматизации большинства производственных процессов с целью повышения производительности труда, снижения аварийности и травматизма, повышения конкурентоспособности своей угольной продукции.

Инновационные разработки роботизированных систем добычи и переработки полезных

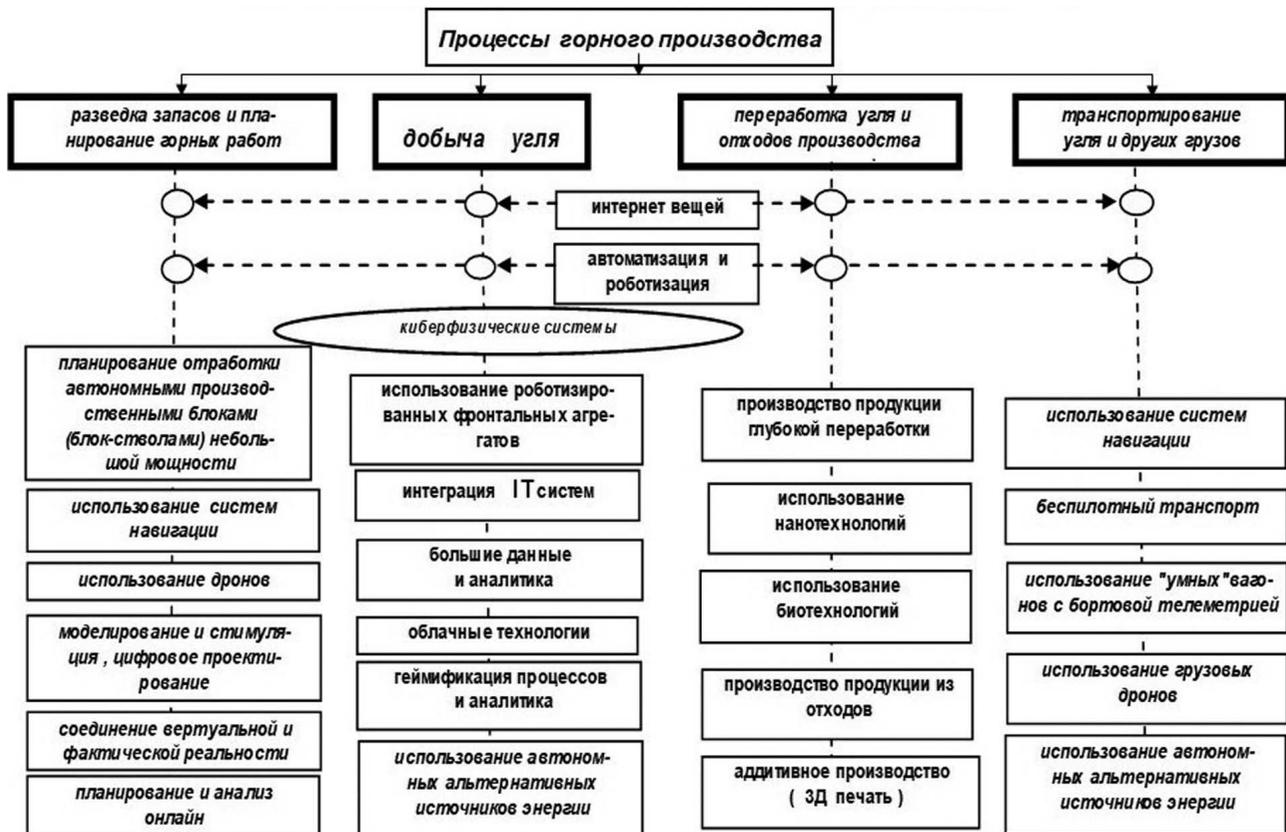


Рис. 1. Систематизация основных элементов проекта «Индустрия 4.0» по базовым процессам горного производства [2, 3]

Fig. 1. Systematization of the main elements of the Industry 4.0 project on the basic processes of mining production [2, 3]

ископаемых уже в самое ближайшее время смогут принципиально изменить технико-технологические принципы функционирования горных предприятий и приблизить нас к созданию интеллектуального горного предприятия.

Информация по ряду внедренных на российских шахтах и разрезах инноваций с цифровыми технологиями и элементами «Индустрия 4.0» приведена в таблице 1.

В настоящее время в *подземном способе добычи угля* наблюдаются эволюционные процессы, связанные с совершенствованием существующих видов техники и технологий комплексно-механизированной выемки угля, принципы которой разработаны и выверены практикой десятилетия назад, включая:

- рациональное извлечение запасов угольных месторождений при создании эффективных и безопасных геотехнологий по отработке пластов угля;
- управление состоянием горного массива и технологий, обеспечивающих предотвращение газодинамических явлений в угольных шахтах;
- разработку технологий, обеспечивающих повышение эффективности вентиляции, дегазации угольных шахт, технологий и технических средств снижения пылевыведения и взрывозащиты, а также разработку и внедрение эффективных способов и средств подавления и локализации пылеметанно-воздушных смесей;
- разработку технологий добычи угля без постоянного присутствия людей в очистных и подготовительных забоях на базе современной комплексной механизации и автоматизации.

За последние десять лет удельный вес объемов добычи угля подземным способом снизился с 30 до 23,2% от общей добычи по отрасли, но, несмотря на технологическую сложность и опасность подземных горных работ, они продолжают играть важную роль при условии обеспечения промышленной безопасности, так как значительная часть наиболее ценных коксующихся углей может быть отработана только на шахтах.

*Инновационные разработки в подземной угледобыче с цифровыми технологиями:*

- технологии динамического 3D-моделирования — от уточнения запасов на лицензионных участках, проектирования шахты до полной рекультивации после завершения горных работ;
- технологии геоинформационного обеспечения, сейсмического мониторинга и системы автоматического управления на горных предприятиях, включая информационно-измерительные системы

обеспечения шахтной безопасности (внедрены на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс», ХК «СДС-уголь», «Евраз Груп»);

- технологии мониторинга и управления любуым технологическим процессом и оборудованием в шахте на основе единых информационно-управляющих систем (комплексы «Умная шахта»);
- автоматизация и роботизация проведения горных выработок на основе создания нового класса горнопроходческих машин — геоходов (создан и испытан опытный образец в ОАО «КОРМЗ», г. Кемерово);
- автоматизация и роботизация выемки угля роботизированными комплексами — наибольшее развитие работы по шахтной робототехнике получили в Великобритании, Японии, США, Германии, Чехии. В августе 2015 года впервые в России на шахте «Полысаевская» АО «СУЭК-Кузбасс» была введена новая лава № 1767 по пласту Бреевский вынимаемой мощностью 1,6 м, в которой применена технология, позволяющая вести безлюдную выемку угля [3].

Анализ данных таблицы 1 позволяет сделать следующие основные выводы в отношении цифровизации подземных горных работ.

Большинство применяемых в настоящее время в России программно-аппаратных комплексов 3D-моделирования участков месторождений и прогнозирования результатов производственной деятельности являются зарубежными разработками или созданы в партнерстве с зарубежными фирмами. Появились российские разработки, предназначенные для решения достаточно узкого круга задач, имеющие ограниченное применение. Наиболее широкое распространение получили системы промышленной безопасности, в которых интегрированы разработки российских и зарубежных фирм. Следует отметить, что на шахтах и разрезах угольных компаний внедрены системы безопасности нескольких разработчиков.

В части инновационных техники и технологий имеются научные разработки российских и советских ученых, патенты, результаты лабораторных испытаний, опытные образцы, однако отсутствует информация о результатах испытаний опытных образцов или начале промышленного производства.

Появился практический опыт безлюдной выемки угля при подземном способе добычи с использованием добычного комплекса и аппаратуры автоматизации импортного производства.

В *открытом способе добычи угля* практически достигнут предел роста единичной мощности выемочно-погрузочного оборудования, связанный

**Таблица 1.** Примеры инновационных разработок с цифровыми технологиями и элементами «Индустрия 4.0» в подземной и открытой добыче угля

**Table 1.** Examples of innovative developments with digital technologies and elements of «Industry 4.0» in underground and open-pit coal mining

Наименование инновационной технологии, разработчик	Краткое описание принципа действия технологии и конструкции оборудования	Стадия внедрения в России
<b>ПОДЗЕМНЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ</b>		
<i>Технологии динамического 3D-моделирования — от подсчета запасов на лицензионном участке и проектирования шахты до ликвидации горных выработок после завершения отработки запасов</i>		
<b>ГЕОМИКС (Россия)</b> Создание 3D-модели месторождения и подсчет объемов горных работ при календарном планировании с использованием программного обеспечения AutoCadCivil 3D	Создание 3D-модели угольного пласта производится посредством инструментов моделирования AutoCadCivil 3D: на основании линии, оконтуривающей область одного марочного состава в одном подсчетном блоке, было создано 3D-тело, от которого плоскостями, сориентированными под характерным углом залегания по падению, отсечена часть тела толщиной, соответствующей мощности подсчетного блока.	«Доломит», Холдинг «Евроцемент групп», МГГУ, РУДН, МГОУ (г. Москва), БелГУ, БГУ (Минск) угольный разрез «Богатырь» (Казахстан), ОАО «Качканарский ГОК», ОАО «КМАРуда»
<i>Технологии сейсмического мониторинга</i>		
<b>САКСМ автоматизированная система акустического контроля состояния массива горных пород, ООО «МНТЛ РИВАС», Москва, в партнерстве с Devis Derby Ltd. (Великобритания)</b>	Программно-аппаратный комплекс, осуществляющий: мониторинг в реальном времени призабойной части горного массива; прогноз гео- и газодинамических явлений; контроль безопасности и оценки эффективности мер их предотвращения; контроль технологических процессов при выемке угля; контроль режима сотрясательного взрывания, прогноз геологических нарушений впереди движущегося забоя	Освоено серийное производство оборудования в искробезопасном исполнении, проведена обязательная сертификация
<i>Применение инновационных методов сбора, обработки и визуализации информации в системах шахтной безопасности</i>		
<b>Искробезопасная система сейсмического мониторинга GITS (АО «ВНИМИ», СПб)</b> <b>Программный комплекс «Вентиляция»</b>	Программно-аппаратный комплекс, может использоваться как составная часть комплексной системы безопасности  Моделирование опасных ситуаций в шахте, расчет маршрута движения людей на поверхность и передача этой информации в систему позиционирования, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией (систему «Гранч»). В результате индивидуальный светильник работника, находящегося в шахте, начинает выполнять роль навигатора в условиях плохой видимости и голосовыми командами сообщает о том, в каком направлении необходимо идти и когда необходимо свернуть в другую выработку	Шахты АО «СУЭК», Евраз групп  В июле 2018 г. на соревнованиях вспомогательных горноспасательных команд (ВГК) СУЭК была развернута система Granch SBGPS с обеспечением возможности связи с отделением ВГК при помощи оборудования Granch-фон с обеспечением визуального сопровождения видеокамерами, в том числе в инфракрасном диапазоне. Впервые движение команд было организовано с использованием системы подземной навигации Granch SBGPS — ГОРНАСС, интегрированной с программным комплексом «Вентиляция». Система Granch SBGPS была развернута с помощью как стационарного, так и переносного оборудования

# ТЕХНИКА ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ / GEOLOGICAL EXPLORATION TECHNIQUE

Продолжение таблицы 1

Наименование инновационной технологии, разработчик	Краткое описание принципа действия технологии и конструкции оборудования	Стадия внедрения в России
<b>SBGPS (Гранч) — система наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией</b>	Система позиционирования персонала в шахте «Гранч» строит свою подземную инфраструктуру связи на основе беспроводных технологий, в шахте организована зона покрытия Wi-Fi	Внедрен и развивается с 2010 года в АО «СУЭК-Кузбасс»
<b>Система ГОРНАСС «Умная шахта» (ООО НПФ «Гранч», Новосибирск)</b>	Granch МИС — многофункциональная измерительная система аэрогазового контроля, передачи информации и управления оборудованием, предназначенная для решения любых задач автоматизации в шахте. На базе МИС созданы и успешно функционируют системы аэрогазового контроля, автоматизированного управления конвейерным транспортом, автоматизированного управления шахтным водоотливом, управления энергоснабжением и др.; SBGPS (Гранч); Granch SBAVS — система громкоговорящей связи	С 2009 года на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс», ряд шахт ХК «СДС-уголь» и др.
<b>Использование мобильных робототехнических летательных аппаратов при выполнении оперативного плана ликвидации аварии на шахтах</b>	Выполнение разведки после аварии на шахте. Временное восстановление разрушенной структуры радиосвязи за счет разбрасывания радиодатчиков через каждые 100—200 м пути	Ким М.Л., Родичев А.С. АО «СУЭК»; Певзнер Л.Д. проф. МИРЭА; Платонов А.К. проф. Ин-та прикл. математики РАН
<b>Внедрение систем «СУБР», «РАДИУС», «НАЛНАХ», «FLEXCOM», «Mine Scada» ЗАО ПО «Электроприбор»</b>	В данных изделиях использован современный принцип измерения концентрации метана и углекислого газа при помощи оптических сенсоров, имеющих высокую стабильность	Используются в многофункциональных системах безопасности шахт и рудников
<b>Технологии больших данных — получение и обработка разрозненных данных для получения удобной для восприятия информации и ее анализа</b>		
<b>Создание Единых Диспетчерско-Аналитических Центров (ЕДАЦ)</b>	Основные функции ЕДАЦ компании: - получение данных от различных технологических и производственных систем; - проведение обработки и анализа данных; - визуализация данных и предоставление автоматических отчетов	Внедрен и развивается с 2014 года в АО «СУЭК-Кузбасс»
<b>Автоматизация и роботизация выемки угля и проведения горных выработок</b>		
<b>Технология проведения подготовительных горных выработок роботом «Геоход»</b>	Геоход представляет собой винтоповоротный проходческий агрегат (ВПА), отличительной особенностью которого является ввинчивание корпуса машины в массив горных пород. При таком принципе взаимодействия используется приконтурный массив горных пород для восприятия реактивных сил от технологических операций и создания напорного и тягового усилий, т.е. вовлекается окружающая геосреда. Для этого в ВПА введена дополнительная технологическая операция — формирование законтурных каналов, что позволяет им вести проходку при любых углах наклона выработки	Разработка и изготовление опытного образца геохода диаметром 3,2 м осуществлены на предприятии ОАО «КОРМЗ» (г. Кемерово). В 2016 г. были проведены испытания опытного образца, который был признан конкурентоспособной продукцией. Промышленное производство предполагалось начать в 2018 году
<b>Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН (г. Кемерово) и НИ ТПУ (г. Томск)</b>		

Продолжение таблицы 1

Наименование инновационной технологии, разработчик	Краткое описание принципа действия технологии и конструкции оборудования	Стадия внедрения в России
<b>Технология безлюдной выемки угля на шахте «Полысаевская» АО «СУЭК-Кузбасс»</b>	В основу системы безлюдной выемки угля легла совместная разработка специалистов ОАО «СУЭК-Кузбасс», MARCO (Германия) и EICKHOFF (Германия). Среднемесячная добыча из лавы 300 тыс. т угля. Контроль и управление забойным оборудованием осуществляется оператором из соседнего штрека. Это возможно благодаря использованию датчиков, установленных на комбайне SL-300, силовой гидравлике секций крепи, а также специальных видеокамер, в том числе работающих в инфракрасном диапазоне	Внедрена на шахте «Полысаевская» в августе 2015 г. в лаве № 1767 по пласту Бреевский вынимаемой мощностью 1,6 м.
<b>ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ</b>		
<i>Технологии динамического 3D-моделирования — от процесса проектирования разреза до полной рекультивации после завершения горных работ</i>		
<b>Технологии геоинформационного обеспечения (ГЕОМИКС, Россия)</b>	Ориентирована на открытую и подземную разработку (см. выше) твердых полезных ископаемых любых геолого-промышленных типов; позволяет создавать горно-геологические модели месторождений, вести подсчет запасов минерального сырья, автоматизировать процессы геолого-маркшейдерского обеспечения и планирования добычи, проектирования буровзрывных работ, осуществлять полный документооборот в горном производстве	
<b>Технологии сейсмического мониторинга (САКСМ)</b>	См. выше	
<b>Применение комплекса оборудования и специального программного обеспечения для проектирования БВР</b>	Проектирование взрывных работ в формате 3D; 3D-моделирование карьерного поля	Внедрено во многих проектных организациях отрасли
<i>Роботизация технологического процесса открытой угледобычи</i>		
<b>Роботизированный технологический транспорт на открытых горных работах</b>	БелАЗы оснащены интеллектуальным оборудованием на заводе, инфраструктуру в пилотных регионах обеспечивало ООО «ВИСТ Групп»	Японская Komatsu в 2016 году представила свой роботизированный карьерный самосвал. По аналогии БелАЗ совместно с ООО «ВИСТ Групп» изготовил и внедрил в Кузбассе (СДС-уголь, р. Первомайский) и в Хакасии (СУЭК, р. Черногорский) в 2018—2019 гг. пять пилотных 130-тонных роботизированных самосвалов
<b>БелАЗ в содружестве с ООО «ВИСТ Групп» произвел обкатку роботизированных автосамосвалов</b>		
<i>Система управления горнотранспортными комплексами</i>		
<b>«КАРЬЕР» (ООО «ВИСТ Групп»)</b>	Решаемые задачи: • оптимальное распределение самосвалов по экскаваторам и пунктам разгрузки с учетом планируемого качества и объемов на складах, учета очередей и простоев, • увеличение объемов добычи текущим количеством техники, • снижение расходов на ремонт и эксплуатацию техники, • снижение влияния человеческого фактора на производительность работы горно-транспортного комплекса	АО «СУЭК», разрезы «Заречный» (АО «СУЭК — Кузбасс») и АО «Тугнуйский разрез»

Источники: составлено авторами на основе анализа информации из открытых источников [4—9].

Sources: compiled by the authors based on the analysis of information from open sources [4—9].

как с возможностями машиностроения, так и технологическими особенностями вскрышных, добычных и транспортных работ. Принципиально новая техника для открытых работ, например кранлайны, комбайны послойного фрезерования, комплексы глубокой разработки пластов — не нашли широкого применения.

*Инновационные разработки в открытой угледобыче с цифровыми технологиями:*

- технологии динамического 3D-моделирования — от процесса проектирования горного предприятия до полной рекультивации после завершения горных работ;
- ИТ с применением спутниковых навигационных систем диспетчеризации технологического транспорта разреза, мониторинга деформации карьерных выработок, техногенных и природных откосов и насыпей;
- технологии промышленной электроники (системы дистанционного управления оборудованием на разрезах, промышленный видеоконтроль и пр.);
- технологии полной информатизации и автоматизации основных производственных процессов (комплексы «Умный разрез», «Интеллектуальный карьер»), основанные на единой информационно-управляющей инфраструктуре, предназначенной для мониторинга и управления любым технологическим оборудованием на разрезе при вскрышных и добычных работах (компания «Rio Tinto» эксплуатирует с 2009 года два полностью автоматизированных карьера в Австралии, в Канаде компания «Alberta Mining Corporation» создала восемь автоматизированных горных производств [3]).

Крупнейшим отечественным поставщиком систем автоматизации и информатизации открытых горных работ в России является резидент Сколково компания «Вист Майнинг Технолоджи». Горно-металлургическими компаниями России и СНГ (СДС, СУЭК, УГМК, МЕЧЕЛ, МЕТАЛЛОИНВЕСТ, СМР, ММК, НЛМК, ПОЛЮС, Полиметалл, ДГК, ЕВРАЗ, РУСАЛ, АРСЕЛОР, МЕТИНВЕСТ, ENRC, ЭРДЭНЭТ и др.) в настоящее время с успехом применяются системы диспетчеризации «КАРЬЕР» и бортовые программно-аппаратные комплексы, состоящие из большого количества функциональных подсистем с использованием навигационных технологий «ГЛОНАСС/GPS» [3].

Анализ данных таблицы 1 позволяет сделать следующие основные выводы в отношении цифровизации открытых горных работ.

Открытые работы находятся в несколько лучшем положении в части применения цифровых

инноваций по сравнению с подземными работами. Так, накоплен практический опыт в эксплуатации системы управления горнотранспортными комплексами «Карьер» ООО «ВИСТ Групп» в АО «СУЭК» и ХК «СДС-уголь», идет продвижение в направлении реализации роботизации по проекту «Интеллектуальный карьер» (по экспертной оценке, соответствует уровню «Индустрия 4.0»).

В части роботизированных автосамосвалов в России ближе всего к цели ООО «ВИСТ Групп» КАМАЗ, который построил опытный образец. Планируется обкатка на разрезах АО «СУЭК» и холдинга «СДС-уголь» пяти роботизированных 130-тонных самосвалов БелАЗ под управлением разработанного программно-аппаратного комплекса «Интеллектуальный карьер».

При этом нельзя не отметить, что наиболее современное, надежное и производительное оборудование на российских разрезах пока импортное и количество его растет вместе с ростом объемов добычи угля открытым способом.

В *обогащении угля* продолжается развитие модульного подхода к проектированию и строительству ОФ, переход на замкнутые водно-шламовые системы и увеличение глубины обогащения до нуля. Современные обогатительные фабрики — высокомеханизированные и автоматизированные предприятия. Автоматизации в обязательном порядке подлежат обеспечение сигнализации и контроля, блокировки и защиты, регулирование и управление конкретными технологическими процессами и обогатительной фабрики в целом.

В *глубокой переработке угля* проблема заключается не в научно-технологическом обеспечении, а в экономической целесообразности ее решения в России в условиях жесткой конкуренции с нефтью и природным газом в обозримом будущем. Поэтому в ближайшей перспективе следует ожидать только малотоннажного производства продуктов углехимии: синтетического жидкого моторного топлива, синтез-газа и др.

Проведенный обзорный анализ текущего состояния российских угольных компаний в части используемой техники, технологий и современных инновационных разработок, внедряемых в угольной промышленности России и мира с элементами промышленной стратегии «Индустрия 4.0», направленных на повышение эффективности угольного бизнеса, выявил основные направления, которые могут быть положены в основу формирования инновационных технологических платформ и стратегических направлений технологического развития отрасли [10—12].

Для создания нового инновационного технологического базиса угольной промышленности предлагается сформировать и развивать *пять групп ключевых технологических платформ*, представляющих в целом новую парадигму инновационной деятельности в угольной промышленности (табл. 2).

Основные задачи новых инновационных технологических платформ угольной промышленности России:

- формирование стратегического видения реализации промышленной стратегии «Индустрия 4.0»;
- определение основных требований и функциональных свойств отечественной угольной промышленности на базе стратегии «Индустрия 4.0» и принципов их осуществления;
- определение основных технологических направлений по основным секторам (процессам) технологического развития угольной отрасли:

**Таблица 2.** Перспективные технологии и направления инновационных технологических платформ угольной промышленности с внедрением цифровых технологий и элементов «Индустрия 4.0»

**Table 2.** Promising technologies and directions of innovative technological platforms of the coal industry with the introduction of digital technologies and elements of “Industry 4.0”

Перспективные технологии и направления с элементами «Индустрии 4.0»	Краткая характеристика технологий и направлений
<b>1. ТП «Поисковые и разведочные работы»</b>	
Совершенствование геоинформационных систем (ГИС) при геолого-разведке	Цифровая интернет-интерпретация пространственно-временных данных о представленных в ГИС объектах; 3D-моделирование геологической среды при разведке месторождений
Технологии дистанционного зондирования земли	Применение комплексов спутниковой геодезии и лазерного сканирования, использование систем навигации и дронов
Технологии виртуализации поисковых и разведочных работ	Создание среды для интерактивного проектирования скважин, оперативного управления геологическими изысканиями и геофизического анализа
<b>2. ТП «Технологии подземных горных работ»</b>	
Технологии проведения горных выработок и формирования подземного пространства	Автоматизация и роботизация проведения горных выработок на основе создания нового класса горнопроходческих машин — геоходов
Технологии выемки угля без присутствия людей в очистном забое	Автоматизация и роботизация комплексно-механизированных забоев на основе создания комплексов нового поколения — механизированная крепь с выемочным манипулятором с программным управлением
Технологии геоинформационного обеспечения	Технологии геоинформационного обеспечения и системы автоматического управления на горных предприятиях, учитывающих горнотехнические особенности российских месторождений и российские стандарты; цифровое моделирование геомеханических процессов при разработке месторождений
Интернет вещей при подземном способе добычи угля	Комплексы «Умная шахта» — единые информационно-управляющие инфраструктуры, предназначенные для мониторинга и управления любым технологическим оборудованием в шахте, обеспечения связи и сигнализации, наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией
Развитие геотехнологий безлюдной добычи угля	Скважинная добыча угля, переведенного в жидкое или газообразное состояние при подземной газификации, с выдачей его в виде гидросмеси или газа на поверхность
<b>3. ТП «Технологии открытых горных работ»</b>	
Интернет вещей при открытой добыче угля	Комплексы «Умный разрез» или «Интеллектуальный карьер» — единые информационно-управляющие инфраструктуры, предназначенные для мониторинга и управления любым технологическим оборудованием на разрезе при вскрышных и добычных работах

Продолжение таблицы 2

Перспективные технологии и направления с элементами «Индустрии 4.0»	Краткая характеристика технологий и направлений
<b>4. ТП «Технологии переработки угля и отходов производства»</b>	
Интернет вещей при обогащении, переработке угля и отходов производства	Комплексы «Саморегулируемая (умная) фабрика» — сфокусированы на создании умных процессов, продуктов, оборудования, а также должны вовлекать людей работать в среде IT-системы. Все компоненты (люди, машины, продукты и объекты) благодаря встроенным датчикам должны коммуницировать друг с другом так же естественно, как и в социальной сети, без вмешательства человека
Технологии углехимии с получением продуктов с высокой добавленной стоимостью	Пиролиз (коксование) углей — получение кокса, полукокса, каменноугольных пеков, гуминовых кислот, нафталина, антрацена, фенантрена, бензола, каменноугольных масел, аммиака, фенола, крезола, пиридиновых оснований, коксового газа. Технология «термококс» — производство обогороженного твердого топлива методом термического обогащения угля. Непрямая гидрогенизация углей — получение жидких продуктов (бензина, дизельного топлива, смазочных масел, парафинов, фенолов) из смол газификации или пиролиза углей. Прямая гидрогенизация углей — прямая деструктивная гидрогенизация под давлением (с катализатором или без) с получением моторного топлива и сырья для органического синтеза
Использование нанотехнологий и биотехнологий	Развитие инновационных конкурентных направлений технологического использования углей: нанопористых сорбентов, углеродных молекулярных сит для разделения газов и др.
<b>5. ТП «Технологии транспортировки горной массы»</b>	
Интернет вещей при транспортировке угля потребителям	Комплексы «Интеллектуальный транспорт и центры управления» — единые информационно-управляющие логистические инфраструктуры, предназначенные для мониторинга и цифрового управления транспортом (автомобильным, железнодорожным, морским) при транспортировке угля потребителям
Автоматические транспортные средства	Использование технологических автомобилей-беспилотников при транспортировке вскрыши и угля на разрезах; применение грузовых беспилотных летательных аппаратов (дронов, дирижаблей нового поколения) при транспортировке угля на дальние расстояния из труднодоступных районов

поисковые и разведочные работы; подземная и открытая добыча угля; обогащение, переработка угля и отходов производства; транспортировка угля;

- определение основных компонентов, технологий, информационных и управленческих решений во всех вышеуказанных процессах;
- диверсификация деятельности угледобывающих компаний при создании продуктов с высокой добавленной стоимостью за счет реализации направлений действующей технологической платформы «Экологически чистая тепловая энергетика высокой эффективности» и новой инновационной платформы «Технологии обогащения, переработки угля и отходов производства»;

- преодоление технологического разрыва и импортозависимости путем реализации поэтапного импортозамещения и инновационного развития российской угольной промышленности и отечественного горного машиностроения.

### Заключение

Таким образом, речь может идти о необходимости реализации новой парадигмы развития угольной промышленности России на базе инновационных технологических платформ с элементами «Индустрии 4.0» и реализации государственной политики импортозамещения. При этом необходимо создать на принципах государственно-частного партнерства единую сеть научно-образовательных

центров для разработки и доведения до промышленного использования прорывных инновационных технологий в угольной промышленности, а также подготовки высококвалифицированных кадров.

При этом возможности инновационного цифрового потенциала угольной промышленности могут быть реализованы в два этапа.

На 1-м этапе шахты (разрезы) и обогатительные фабрики со средними технико-экономическими показателями (стабильная группа) поднимают свой уровень до уровня передовых по технико-экономическим показателям отечественных предприятий по добыче и обогащению угля (перспективная группа), а уровень передовых по технико-экономическим показателям шахт (разрезов) и обогатительных фабрик повышается в соответствии с мировыми трендами технико-технологического развития угольной промышленности.

На 2-м этапе на всех шахтах (разрезах) и обогатительных фабриках осуществляется структурно-инновационная и цифровая трансформация для перехода на высокий технологический и технический уровень в соответствии с основными

направлениями мирового инновационного процесса.

Таким образом, анализ технологических трендов в мире показывает, что даже в такой традиционной отрасли, как угольная промышленность, происходит активная технологическая модернизация и связанные с этим структурные изменения. Начало таких изменений положено и в российской угольной промышленности с переводом в цифровую форму процессов проектирования технологических систем, контроля их состояния и управления ими — трансформационный переход к цифровой экономике означает повышение скорости, наблюдаемости, точности и управляемости всеми производственно-технологическими процессами добычи и переработки угля.

Результаты исследования позволяют эффективно использовать при создании на принципах государственно-частного партнерства единой сети научно-образовательных центров для разработки и доведения до промышленного использования прорывных инновационных технологий в угольной, горной и геолого-разведочной отраслях промышленности, а также при подготовке высококвалифицированных кадров на базе МГРИ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Артемьев В.Б., Захаров В.Н., Галкин В.А., Федоров А.В., Макаров А.М.* Стратегия, тактика и практика инновационного развития открытых горных работ // Уголь. 2017. № 12. С. 6—19.
2. *Грабский А.А., Рожков А.А.* Системные проблемы и стратегические направления технологического развития угольной промышленности России // Матлы науч.-практич. конф. «Современное состояние и направления развития технологий, машинного и аппаратного обеспечения, эколого-безопасного природопользования и переработки промышленных отходов горнопромышленных комплексов на территории Евразийского экономического пространства» 5–6 сентября 2019 г. Минск — Солигорск, Республика Беларусь. С. 29—33.
3. ЕВРАЗ внедрил на шахте «Ерунаковская-VIII» инновационную технологию дегазации угольных пластов / Интернет-портал сообщества ТЭК. [Электронный ресурс]: <http://energyland.info/news-show-tek-ugol-163294/> (дата обращения: 15.08.20123).
4. *Ефременков А.Б.* Разработка научных основ создания геохода: дисс. ... докт. техн. наук. Юрга: ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 2016. 314 с.
5. Официальный сайт АО «СУЭК» [Электронный ресурс]: <http://www.suek.ru/> (дата обращения: 15.08.20123).
6. Официальный сайт Компании «ВИСТ Групп» (внедрение информационных систем и технологий). [Электронный ресурс]: <http://www.vistgroup.ru/> (дата обращения: 15.08.20123).
7. *Панов Ю.П.* Программа развития МГРИ на 2023—2027 гг. // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2022. № 64(2). С. 8—17.
8. *Плакицкий Ю.А., Плакицкина Л.С.* Мировой инновационный проект «Индустрия 4.0» — возможности применения в угольной отрасли России // Уголь. 2017. № 10. С. 44—51.
9. *Плакицкина Л.С., Плакицкий Ю.А.* Угольная промышленность мира и России: анализ, тенденции и перспективы развития: монография. М.: ЛИТТЕРРА, 2017. 373 с.
10. Разработка научно обоснованных направлений структурно-инновационной трансформации угольной промышленности России: Отчет НИР. М.: АО «Росинформуголь», 2018. 1117 с.
11. Разработка научно обоснованных предложений по приоритетным направлениям инновационного развития угольной промышленности России. Отчет НИР. М.: ФГБОУ ВПО МГГУ, 2013. 176 с.
12. Разработка научно обоснованных предложений по стратегическим направлениям технологического развития и импортозамещения в угольной промышленности. Отчет НИР. М.: АО «Росинформуголь», 2017. 421 с.

13. Соловенко И.С., Рожков А.А., Лизунков В.Г., Малушко Е.Ю. Цифровизация предприятий угольной

промышленности России: к постановке проблемы // Вопросы истории. 2022. № 5(2). С. 152—165.

## REFERENCES

1. Artemiev V.B., Zakharov V.N., Galkin V.A., Fedorov A.V., Makarov A.M. Surface mining innovative development strategy, tactics and practice // Ugol'. 2017. № 12. pp. 6—19. (In Russian).
2. Grabskiy A.A., Rozhkov A.A. Sistemnye problemy i strategicheskie napravleniya tehnologicheskogo razvitiya ugol'noj promyshlennosti Rossii [Systemic problems and strategic directions of technological development of the Russian coal industry] // Mat-ly nauch.-praktich. konf. «Sovremennoe sostojanie i napravleniya razvitiya tehnologij, mashinnogo i apparatnogo obespechenija, jekologo-bezopasnogo prirodopol'zovanija i pere-rabotki promyshlennyh othodov gornopromyshlennyh kompleksov na territorii Evrazijskogo jekonomicheskogo prostranstva» [«The current state and directions of development of technologies, machinery and hardware, environmentally sound environmental management and processing of industrial waste from mining complexes on the territory of the Eurasian Economic Space»] 5—6 September 2019. Minsk — Soligorsk, The Republic of Belarus. pp. 29—33. (In Russian).
3. [EVRAZ has implemented an innovative technology of coal bed degassing at the Yerunakovskaya-VIII mine] / Internet portal of the Fuel and Energy Complex community. Available from: <http://energyland.info/news-show-tek-ugol-163294/> (last accessed 15.08.2023).
4. Efremenkov A.B. [Development of scientific foundations for the creation of a geohod: diss. ... dr. technical sciences]. Yurga: Federal State Educational Institution of Higher Education “National Research Tomsk Polytechnic University”. 2016. 314 p. (In Russian).
5. The official website of JSC “SUEK”. Available from: [http://www.suek.ru/upload\\_shared/ru/pdf/ru/](http://www.suek.ru/upload_shared/ru/pdf/ru/) (last accessed 15.08.2023).
6. The official website of «VIST Grupp» (vnedrenie informacionnyh sistem i tehnologij). Available from: <http://www.vistgroup.ru/> (last accessed 15.08.2023).
7. Panov Yu.P. Development Programme of Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting (MRGI) for 2023—2027. Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration. 2022, № 2, pp. 8—17. (In Russian).
8. Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. The industry-4.0 global innovation project's potential for the coal industry of Russia. 1. Industry-4.0 program — new approaches and solutions // Ugol'. 2017. № 10. P. 44—51. (In Russian).
9. Plakitkina L.S., Plakitkin Ju.A. Coal industry of the world and Russia: analysis, trends and prospects of development: monograph. Moscow: LITERRA, 2017. 373 p. (In Russian).
10. Development of scientifically based directions of structural and innovative transformation of the Russian coal industry: Research report. Moscow: JSC “Rosinformugol”, 2018. 1117 p. (In Russian).
11. Development of scientifically based proposals on priority areas of innovative development of the Russian coal industry. Research report. Moscow: FSBEI VPO MGSU, 2013, 176 p. (In Russian).
12. Development of scientifically sound proposals on strategic directions of technological development and import substitution in the coal industry. Research report. Moscow: JSC “Rosinformugol”, 2017. 421 p. (In Russian).
13. Solovenko I.S., Rozhkov A.A., Lizunkov V.G., Malushko E.Yu. Digitalization of coal industry enterprises in Russia: problem statement // History issues. 2022. № 5—2. — pp. 152—165. (In Russian).

## ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Панов Ю.П. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Грабский А.А. — проанализировал рациональное извлечение запасов угольных месторождений при создании эффективных и безопасных геотехнологий машинного и аппаратного обеспечения основных компонентов, технологий, информационных и управленческих решений во всех процессах поисковых и разведочных работ подземной и открытой добыча угля.

Yuri P. Panov — collected material, developed the concept and prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

Aleksandr A. Grabskiy — analyzed the rational extraction of coal deposits in the creation of efficient and safe geotechnologies for machine and hardware support of the main components, technologies, information and management solutions in all processes of prospecting and exploration of underground and open-pit coal mining.

Рожков А.А. — предложил пять типов перспективных инновационных технологических платформ угольной промышленности с внедрением цифровых технологий и элементов «Индустрия 4.0», подготовил табличный материал в статью.

Anatoly A. Rozhkov — proposed five types of promising innovative technological platforms for the coal industry with the introduction of digital technologies and elements of Industry 4.0, prepared tabular material for the article.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Панов Юрий Петрович** — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ректор ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия тел.: +7 (495) 255-15-10, доб. 2002  
e-mail: [rektor@mgri.ru](mailto:rektor@mgri.ru)  
SPIN-код: 9249-9725  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0776-0446>

**Yuri P. Panov** — Cand. of Sci. (Engineering), Senior Researcher, Rector, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia tel.: +7 (495) 255-15-10 (ext. 2002)  
e-mail: [rektor@mgri.ru](mailto:rektor@mgri.ru)  
SPIN-code: 9249-9725  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0776-0446>

**Грабский Александр Адольфович\*** — профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Горное дело» ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия тел.: +7 (495) 255-15-10 (доб. 2127)  
SPIN-код: 2196-7500  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0960-7124>

**Alexander A. Grabsky\*** — Professor, Dr. of Sci. (Engineering), Head of the Mining Department Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia tel.: +7 (495) 255-15-10 (ext. 2127)  
SPIN-code: 2196-7500  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0960-7124>

**Рожков Анатолий Алексеевич** — профессор, доктор экономических наук, начальник отдела аналитических исследований и краткосрочного прогнозирования развития угольной промышленности ФГБУ «Российское энергетическое агентство». 105, стр.1, пр-кт Мира, Москва 129085, Россия SPIN-код: 8890-5820  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4541-0922>

**Anatoly A. Rozhkov** — Professor, Dr. of Sci. (Econ.), Head of the Department of Analytical Research and Short-term Forecasting of the Development of the Coal Industry Russian Energy Agency. 105, bld. 1, Mira Ave., Moscow 129085, Russia SPIN-code: 8890-5820  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4541-0922>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



## НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ, ТЕХНОЛОГИЙ БУРЕНИЯ И ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН

П.В. ОВЧИННИКОВ, А.С. СЫРЧИНА\*

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»  
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** В последние годы с целью с повышения эффективности, сокращения сроков и стоимости строительства скважин, достижения максимальных эксплуатационных характеристик нефтяных и газовых скважин сложилась системная практика реализации наиболее перспективных технологий и решений в области бурения и заканчивания скважин.

**Цель.** Обзор и анализ реализации и развития перспективных технологий бурения и заканчивания скважин в Российской Федерации, выявление актуальных направлений оптимизации конструкций скважин, повышения эффективности технологических процессов строительства разведочных и эксплуатационных скважин.

**Материалы и методы.** Анализ опыта, обобщение и систематизация результатов реализации современных решений и технологий бурения и заканчивания скважин нефтегазодобывающими предприятиями Российской Федерации.

**Результаты.** Рассмотрены и рекомендованы актуальные задачи и направления совершенствования технологий строительства скважин и применения современного оборудования с целью повышения эффективности и сокращения сроков строительства нефтяных и газовых скважин, а также обеспечения технологического суверенитета.

**Заключение.** Рассмотренные направления и технологии, их составные задачи, вопросы методического, инженерного и программного обеспечения для их реализации могут быть актуальными темами прикладных исследовательских и проектных работ, выпускных квалификационных работ студентов и диссертационных работ.

**Ключевые слова:** конструкция скважины, скважина малого диаметра (СМД), обсадная колонна, заканчивание скважины, многозабойная и многоствольная скважина, устройство контроля притока (УКП), время бурения и крепления

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Овчинников П.В., Сырчина А.С. Направления совершенствования конструкций, технологий бурения и заканчивания скважин. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2023;65(5):22—32. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-22-32>

Статья поступила в редакцию 02.06.23

Принята к публикации 24.10.2023

Опубликована 31.10.2023

\* Автор, ответственный за переписку

## OPTIMIZATION METHODS FOR WELL DESIGNS, DRILLING AND WELL COMPLETION TECHNOLOGIES

PAVEL V. OVCHINNIKOV, ANASTASIA S. SYRCHINA\*

*Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting  
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

### ABSTRACT

**Background.** The task of increasing the efficiency of well construction, reducing the labor- and financial costs involved, and achieving the maximum operational characteristics of oil and gas wells requires the application of the most recent technologies and technological solutions for well drilling and well completion.

**Aim.** Review and analysis of the implementation and development of promising technologies for well drilling and well completion in the Russian Federation to identify those capable of optimizing well designs, improving the efficiency of technological processes for drilling and completion of exploration and production wells.

**Materials and methods.** An analysis of accumulated experience, generalization of the results of implementation of modern solutions and technologies for drilling and completion of wells by oil- and gas-producing enterprises of the Russian Federation.

**Results.** The relevant tasks and directions for improving drilling and well completion technologies and using state-of-the-art equipment are outlined. These solutions can contribute to increasing the efficiency of well construction, reducing the drilling duration of oil and gas wells, and ensuring technological sovereignty.

**Conclusion.** The considered directions and technologies, as well as their composite tasks and methodological, engineering, and software implementation aspects, can become a subject for research, project, and engineering works, as well as for final qualifying works of students and dissertations.

**Keywords:** well design, small diameter well (SDW), casing, well completion, multihole well and multilateral (multibranch) well, inflow control device (ICD), drilling and flat (casing and cementing) time

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**Financial disclosure:** no financial support was provided for this study.

**For citation:** Ovchinnikov P.V., Syrchina A.S. Optimization methods for well designs, drilling and well completion technologies. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(5):22—32. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-22-32>

*Manuscript received 02 June 2023*

*Accepted 24 October 2023*

*Published 31 October 2023*

\* Corresponding author

### Опыт реализации технологий бурения и заканчивания скважин

С целью обеспечения высокой результативности и эффективности технологических процессов строительства эксплуатационных и разведочных скважин необходимо решение сложных инженерных задач, применение современных технологий и оборудования, постоянный поиск и оптимизация технологических и организационных решений при выявлении новых геолого-технических

условий и в соответствии с актуальной производственной программой предприятия (отрасли).

В последние годы с целью с повышения эффективности, сокращения сроков и стоимости строительства скважин, достижения максимальных эксплуатационных характеристик нефтяных и газовых скважин сложилась системная практика реализации наиболее перспективных технологий и решений в области бурения и заканчивания скважин [7, 8].

На рисунке представлена эволюция развития, реализации и приобретения опыта применения эффективных технологий бурения и заканчивания скважин в нефтегазодобывающих организациях Российской Федерации. Существенный объем работ в эксплуатационном бурении составляют скважины с горизонтальным окончанием (до 30—40% в год). Технологии горизонтального бурения, в том числе многоствольных (многозабойных) скважин с горизонтальным окончанием, в Российской Федерации серийно освоены [3] и получили серьезное развитие с учетом решения задач оптимизации конструкций скважин [2]. При бурении скважин активно применяются верхние силовые приводы (ВСП) и роторно-управляемые системы (РУС), РУС совместно с силовой секцией винтового-забойного двигателя (ВЗД), современные типы долот PDC и модели ВЗД, реализующие наиболее эффективные режимы и показатели бурения. Реализованы технология бурения на обсадных трубах и технология бурения с контролем давления MPD (managed pressure drilling), колтюбинговые технологии бурения и освоения скважин на гибкой насосно-компрессорной трубе (ГНКТ). Разрабатываются и вводятся новые типы высоко-герметичных и высоко-моментных резьбовых соединений обсадных труб, материалы для обсадных и насосно-компрессорных труб высокой прочности и применения в условиях аномально высоких температур, корректируются методики прочностных расчетов и выбора резьбовых соединений [14].

Для выполнения геофизических работ (ГИС) используются системы каротажа в процессе бурения LWD (logging while drilling), тракторные системы ГИС для скважин с большой протяженностью горизонтального ствола. При заканчивании скважин широко применяются современные модели противопесчаных проволочных фильтров, сетчатых (многослойных с сеткой сложного плетения и дисперсным/фильтрующим слоем) фильтров, фильтров с гравийной набивкой различных конструкций; эффективные заколонные набухающие пакеры; оптоволоконные системы передачи данных; трассерные системы мониторинга притока; пассивные, адаптивные и активные устройства контроля притока (УКП) различных систем управления. Освоены системы заканчивания боковых стволов высокого уровня сложности TAML-5 в соответствии с принятой Международной классификацией уровня технологий многоствольных скважин TAML (Technology Advancement for Multi-Laterals), интеллектуальные системы заканчивания и управления работой скважин. Можно уверенно отметить,

что в настоящее время при строительстве скважин на месторождениях суши и шельфа в Российской Федерации опробованы и освоены все наиболее эффективные технологии и технологические решения из существующего мирового арсенала технологий.

Выполняются постоянный поиск и внедрение современных буровых и тампонажных растворов. Отдельно следует отметить актуальность разработки эффективных буровых и тампонажных растворов для скважин с особыми геолого-техническими условиями строительства и эксплуатации скважин — например для горизонтальных скважин на баженовские отложения месторождений Западной Сибири. При бурении горизонтальных скважин на баженовские отложения необходимо обеспечить устойчивость ствола, эффективный вынос шлама (возможно, обвального), предотвращение поглощений и максимальное сохранение фильтрационно-емкостных свойств продуктивного пласта с возможностью применения базового раствора для вскрытия нескольких интервалов бурения при минимальной сложности обработки [9]. При креплении скважины необходимо обеспечить реализацию многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) в горизонтальном стволе, а также обеспечить выбор оптимальной конструкции забоя, обеспечивающей надежность в условиях высоких нагрузок при интенсификации притока (МГРП) и высоких температур при планируемых режимах эксплуатации (например, в условиях термогазового воздействия на пласт) [10].

Реализация современных технологий при строительстве скважин в Российской Федерации позволила достигнуть ряда мировых рекордов.

В настоящее время многие из зарубежных решений импортозамещены, ряд моделей отечественного оборудования и технологий по своим показателям предпочтительнее зарубежных аналогов. По ряду направлений отечественные решения и технологии для промышленного применения отсутствуют.

Отдельно следует отметить значительную роль применяемых технологий заканчивания в достижении целевого назначения строительства скважины:

- для разведочных скважин — получение полноценной и достоверной необходимой геологической информации о пласте (разрезе) и выявление продуктивных залежей;
- для эксплуатационных скважин — обеспечение притока углеводородов из пласта и доставку их на поверхность, обеспечение высоких дебитов

Направления совершенствования конструкций, технологий бурения и заканчивания скважин

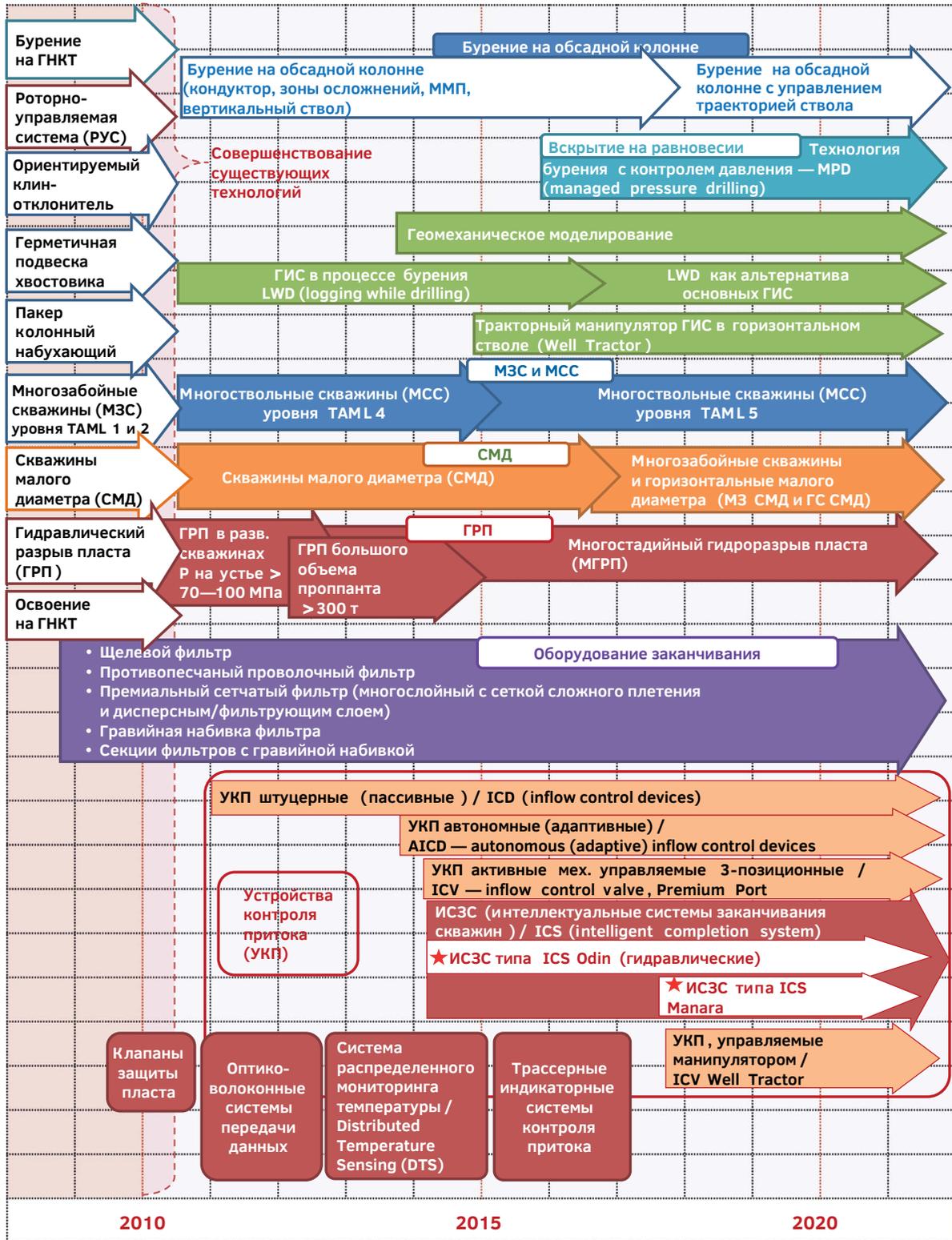


Рис. Реализация технологий бурения и заканчивания скважин в нефтегазодобывающих организациях Российской Федерации  
 Fig. Application Implementation of drilling and well completion technologies in oil and gas producing organizations of the Russian Federation

скважины при оптимальном режиме разработки залежи (для нагнетательных скважин — обеспечение проектного режима нагнетания).

Именно работы по заканчиванию скважины, направлены на формирование призабойной зоны с оптимальной гидродинамической связью с пластом, определяют достижение цели строительства скважины и возможность ее последующей эффективной эксплуатации.

В настоящее время заканчивание скважин — это комплекс процессов высокого технологического и инженерного уровня, требующих применения современного высокотехнологичного оборудования. Актуальные цели и задачи современных технологий заканчивания скважин обобщены и представлены в таблице. По ряду современных технологий заканчивания, актуальных и необходимых для реализации сложных и ответственных проектов, отечественные решения и технологии для промышленного применения отсутствуют (активные устройства и системы контроля притока, интеллектуальные системы заканчивания скважины, оборудование и технологии заканчивания многозбойных (МЗС) и многоствольных (МСС) скважин высоких уровней сложности с контролем и управлением притока из каждого ствола и другие). Традиционно практиковался выбор на конкурсной основе оборудования и технологий зарубежного производства с оптимальными для геолого-технических условия объекта применения характеристиками и технико-экономическими показателями.

В настоящее время актуальной задачей для отрасли является задача обеспечения технологического суверенитета в области современного оборудования и технологий заканчивания, для решения которой необходимы:

- разработка отечественных моделей современного оборудования заканчивания;
- изучение и освоение современных технологий, постоянное совершенствование собственных технологических компетенций, в том числе совершенствование компетенций в части инженерного сопровождения.

#### **Актуальные направления совершенствования технологий и технологических решений**

С учетом достигнутых результатов можно выделить следующие базовые актуальные направления и мероприятия, предусматривающие совершенствование технологий и технологических процессов, инженерного и методологического обеспечения, тиражирование лучших практик:

1. Оптимизация конструкций скважин за счет реализации следующих решений:

- снижение металлоемкости конструкций скважин при применении обсадных труб более высоких групп прочности при снижении толщины стенки с сохранением требований надежности (обеспечения необходимого запаса прочности);
- уменьшение глубин спуска кондукторов и промежуточных колонн в связи с уточнением геологических условий (выявление отсутствия промежуточных напорных или продуктивных горизонтов, уточнение градиентов давлений по разрезу, уточнение характера насыщения или величины пластового давления в целевом горизонте, применение эффективных буровых растворов, обеспечивающих устойчивость ствола в отложениях, требующих перекрытия удлиненным кондуктором или промежуточной колонной и др.);
- уменьшение диаметров обсадных колонн в связи с уточнением ожидаемых дебитов или, например, уточнением «окна» возможной эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора в интервале при оптимизации профиля скважины;
- исключение отдельных обсадных колонн в конструкции скважин. Например, реализация трехколонной конструкции скважин с горизонтальным окончанием в Западной Сибири, в том числе многозбойных [3]. Средняя продолжительность бурения и крепления горизонтальной скважины на пласты группы АВ составила 17 сут., сокращение затрат времени — 37%, рост коммерческой скорости — 37% [2]. Достигнутое рекордное время бурения и крепления горизонтальной скважины на пласты группы АВ — 10—12 сут. при снижении металлоемкости конструкции скважины до 20%. Практика исключения промежуточной колонны из конструкции горизонтальных скважин при применении эффективных буровых растворов на углеводородной основе и объединении ранее несовместимых по условиям бурения интервалов опробована и широко применяется в Западной Сибири (на Средне-Назымском нефтяном месторождении достигнуто время бурения горизонтальной скважины на отложения баженовской свиты 36 сут., сокращение затрат времени составило — 28%) и Восточной Сибири (на Куюмбинском нефтегазовом месторождении время бурения горизонтальной скважины на отложения рифея составило 38 сут., сокращение затрат времени — 34%);
- исключение колонны-направления из конструкции скважины (в технологически обоснованных случаях). Отказ от колонны-направления традиционно применяется в практике строительства

**Таблица.** Актуальные цели и задачи современных технологий заканчивания скважин  
**Table.** Actual purposes and tasks of modern well completion technologies

Цель / назначение	Выполняемые функция и задачи	Применяемые технологии и оборудование заканчивания
Контроль (ограничение / предотвращение) выноса песка	Предотвращение снижения дебита: <ul style="list-style-type: none"> <li>• предотвращение разрушения призабойной зоны;</li> <li>• предотвращение образования песчаных пробок;</li> <li>• предотвращение износа обсадных колонн и скважинного оборудования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Установка щелевого хвостовика;</li> <li>• применение противопесчаных проволочных фильтров;</li> <li>• применение премиальных сетчатых фильтров (многослойных с сеткой сложного плетения и дисперсным фильтрующим слоем);</li> <li>• гравийная набивка;</li> <li>• установка секций фильтров с гравийной набивкой</li> </ul>
Контроль и управление притоком	Управление эксплуатацией интервала / эффективная эксплуатация скважины, повышение дебита по нефти и коэффициента извлечения нефти: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ограничение работы интервалов с высоким содержанием воды;</li> <li>• ограничение добычи газа с минимизацией потерь дебита нефти;</li> <li>• обеспечение оптимальной эксплуатации интервалов с неоднородными коллекторскими свойствами;</li> <li>• предотвращение неполного вовлечения отдельных пропластков продуктивной зоны (предотвращение неполного освоения);</li> <li>• оптимизация притока при наличии многофазного флюида;</li> <li>• ограничение высоких потерь на трение</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Регулирование режима эксплуатации на устье скважины;</li> <li>• муфты сдвижные одноразового и многократного действия, премиум-порты;</li> <li>• устройства контроля притока и клапаны контроля притока (УКП): пассивные, адаптивные, активные многопозиционные управляемые с поверхности;</li> <li>• устройства и клапаны контроля притока (УКП) в сочетании с муфтами многократного действия, премиум-портами, фильтровыми секциями</li> </ul>
Мониторинг работы интервалов продуктивной зоны в процессе эксплуатации	Получение информации о профиле притока для анализа разработки и геолого-гидродинамическое моделирование (ГДМ) без остановки скважины: <ul style="list-style-type: none"> <li>• исключение остановки скважины для проведения промысловых геофизических исследований (ПГИ);</li> <li>• оперативное получение информации о профиле притока и оперативное принятие решений о проведении геолого-технических мероприятий (ГТМ);</li> <li>• исключение затрат на проведение и риска аварийности при промысловых геофизических исследованиях (ПГИ)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Датчики давления и температуры в интервале эксплуатации;</li> <li>• система распределенного мониторинга температуры (Distributed Temperature Sensing / DTS);</li> <li>• оптоволоконные системы;</li> <li>• трассерные индикаторные системы контроля притока</li> </ul>
Автоматизированный непрерывный контроль и управление притоком	Автоматизированное непрерывное управление эксплуатацией интервала / эффективная эксплуатация скважины, повышение дебита по нефти и коэффициента извлечения нефти: <ul style="list-style-type: none"> <li>• непрерывный автоматизированный контроль и управление притоком по интервалам;</li> <li>• бесступенчатое регулирование;</li> <li>• увеличение количества интервалов и режимов управления, автоматизация управления;</li> <li>• мгновенная реакция и оптимизационные решения;</li> <li>• сокращение времени на реализацию геолого-технических мероприятий (ГТМ)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интеллектуальные системы заканчивания скважины (ИСЗС) / Intelligent Completion System (ICS)</li> </ul>
Реализация и развитие технологий заканчивания многозабойных (МЗС) и многоствольных (МСС) скважин	Интенсификация добычи, увеличение площади охвата залежи или вскрытых целей эксплуатации на одну скважину: <ul style="list-style-type: none"> <li>• увеличение накопленной добычи на скважину;</li> <li>• повышение темпов добычи при ограниченном количестве устьев скважин (морская платформа);</li> <li>• сокращение затрат на обустройство, оптимизация количества и площади кустовых площадок;</li> <li>• бурение дополнительных стволов в действующих скважинах;</li> <li>• сокращение затрат на бурение и эксплуатацию скважин</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Оборудование и технологии заканчивания многозабойных (МЗС) и многоствольных (МСС) скважин с контролем и управлением притока из каждого ствола;</li> <li>• технологии резки боковых стволов с сохранением материнского ствола;</li> <li>• управляемое запорное устройство над интервалом эксплуатации под эксплуатационном пакером — клапан защиты пласта</li> </ul>

эксплуатационных скважин на газоконденсатных месторождениях Крайнего Севера Западной Сибири (Уренгойское, Ямбургское, Заполярное и др.). В настоящее время эта практика находит применение при строительстве скважин на расположенных южнее нефтяных месторождениях Ханты-Мансийского автономного округа, для которых характерна увеличенная до 800—1150 м глубина спуска следующей за направлением колонны-кондуктора. Отказ от направления позволяет сократить время строительства скважины до 1,5 сут., повысить коммерческую скорость бурения в среднем на 1,8% [2]. При отказе от направления, при бурении интервала под кондуктор должны быть приняты технологические мероприятия, обеспечивающие предотвращение осложнений ствола (оптимизация рецептур буровых растворов) и предотвращение размыва устья скважин (укрепленный шахтный приямок, бесперебойный отбор бурового раствора на устье скважины вертикальным шламовым насосом и др.);

- замена сплошной эксплуатационной колонны в конструкциях скважин на колонну-хвостовик в допустимых геолого-технических условиях;

- переход на строительство скважин малого диаметра (СМД) на месторождениях, находящихся в длительной разработке. В практике работ принято относить к скважинам СМД скважины с эксплуатационной колонной диаметром 114,3 мм и менее. Многолетний опыт строительства СМД в ПАО «Татнефть» [13] подтверждает возможность существенно сократить сроки и стоимость бурения. Техническая возможность строительства СМД апробирована и распространяется на месторождениях Пермского края [4], Оренбургской области [6], Западной Сибири [1] и в других регионах. Практика строительства СМД с целью извлечения остаточных запасов на месторождениях, находящихся в длительной эксплуатации, для которых характерны низкие дебиты скважин, показала свою эффективность. Подтверждена существенная экономия затрат на строительство скважин (25—35%);

- детальный анализ геологической и технологической целесообразности бурения пилотных стволов при строительстве горизонтальных скважин с целью оптимизации количества бурения пилотных стволов при выполнении программы бурения (опыт работ крупных нефтяных компаний показывает возможность сократить необходимость бурения пилотных стволов с 70 до 25% от общего количества строящихся горизонтальных скважин);

- обеспечение надежности конструкций глубоких и сверхглубоких параметрических, поис-

ково-оценочных и разведочных скважин, строительство которых производится в разрезах залегания массивной толщи соленосных отложений, склонных к деформации (течению). Характерным осложнением строительства скважин в этих условиях является осложнение, связанное с течением солей, приводящее к смятию обсадных колонн в конструкции скважины, при этом вполне возможен риск потери (ликвидации) скважины в процессе строительства или эксплуатации.

В последние годы объем поисково-разведочного бурения в регионах, для которых характерен риск течения соленосных отложений, снизился, однако задача обеспечения надежности конструкции скважин в этих условиях полностью не решена. Традиционная методика прочностных расчетов обсадных колонн базируется на модели равномерного нагружения колонны внешним гидростатическим или горным давлением и не учитывает локальное и, возможно, асимметричное нагружение колонны в солевом массиве. Необходимо совершенствовать методику расчета нагрузок и подбора обсадных труб [5]. При этом применение метода только повышения прочности и толщин стенок обсадных труб в составе обсадной колонны, как показал опыт строительства скважин, не гарантирует предотвращение смятия обсадной колонны.

Положительный опыт достигнут в организациях ПАО «Газпром» на месторождениях Оренбургской области за счет применения комплекса технологических решений: определение скорости течения солей по данным геофизических исследований скважины (ГИС), расширение ствола с использованием гидравлических расширителей для обеспечения безопасного спуска обсадной колонны (хвостовика), спуск колонны (хвостовика) с установкой высокопрочных обсадных труб в интервале текучих солей, цементирование обсадной колонны с заполнением внутреннего пространства обсадной колонны высокопрочным цементом, увеличение времени ожидания затвердевания цементного раствора до окончания периода течения солей и равномерного заполнения заколонного пространства (с временной приостановкой работ по бурению скважины до 4 недель). В дальнейшем производится выбуривание цемента из внутреннего пространства обсадной колонны (хвостовика) [11].

Работу по оптимизации конструкций скважин необходимо проводить постоянно. Задача оптимизации конструкций скважин актуальна не только для вновь разрабатываемой проектной

документации, но и для своевременной корректировки принятых решений (при уточнении геологических данных, применении новых типов обсадных труб и оборудования).

2. Оптимизация комплекса ГИС будет способствовать как сокращению сроков бурения, так и выбору рациональной конструкции скважины:

- опыт применения комплекса каротажа в процессе бурения LWD в Западной Сибири показал возможность сокращения времени бурения типовых горизонтальных скважин в среднем на 7,5 сут. за счет исключения традиционных ГИС и затрат времени на подготовку ствола для их проведения. В настоящее время разработан ряд отечественных модулей LWD для отдельных методов. Применение комплекса LWD обеспечивает возможность получить материалы ГИС необходимой информативности, при этом сократить время работы в открытом стволе, способствует возможности объединения интервалов бурения транспортного и горизонтального стволов в один совместимый интервал (отказу от спуска отдельной транспортной колонны);

- применение комплексных сборок приборов ГИС, сокращение (исключение) количества промежуточных каротажей, исключение контрольной записи сбрасываемыми гироскопами при использовании забойной телесистемы, перенос комплекса АКЦ в этап освоения скважины, и др.).

3. Технологические решения и приемы по оптимизации процессов крепления:

- опережающая забивка колонны направления из электросварных безмуфтовых труб с помощью сваебойного дизель-молота (наиболее эффективна эта практика на суше — на кустовых площадках с большим количеством скважин);

- применение колонных головок типа ОУС (оборудование для обвязки устья скважины). Выпускаются одно-, двух- и трехсекционные модели. Верхние секции — равнопроходные и монтируются одновременно с нижней секцией. Колонны подвешиваются в трубодержателе муфтового типа. В случае применения многосекционной головки после спуска, цементирования и ОЗЦ кондуктора (промежуточной колонны) обеспечивается возможность продолжить работы по бурению скважины под очередную колонну без перемонтажа противовыбросового оборудования (ПВО), таким образом исключаются затраты времени на демонтаж ПВО, посадку обвязываемой колонны в клинья, обрезку колонны, монтаж второй секции колонной головки, монтаж уплотнения колонной головки, повторный монтаж и опрессовку

ПВО. Ожидаемая экономия времени может составить до 24—36 часов на скважину (в зависимости от конструкции). Решение о применении устьевого обвязки данного типа необходимо принимать с учетом региональных геолого-технических условий (отсутствует возможность натяжения обсадной колонны).

4. Следует отметить необходимость разработки и организации производства современного отечественного оборудования заканчивания и управления притоком скважин, расширения размерного ряда освоенных элементов оборудования в связи с расширением размерного ряда диаметров эксплуатационных колонн (эксплуатационных хвостовиков) при реализации проектов оптимизации конструкций скважин и бурения скважин СМД (фильтровые секции, секции фильтров с гравийной набивкой, заколонные гидромеханической активации и набухающие пакеры, устройства контроля притока, разрывные, шаровые и многоразовые муфты ГРП, компоновки и оборудования заканчивания, в том числе с проведением ГРП для скважин диаметров СМД и другие). В настоящее время поставки традиционно применяемого оборудования зарубежных производителей ограничены секционной политикой. Ряд моделей и типоразмеров освоены отечественными нефтесервисными компаниями, по ряду моделей и типоразмеров отечественные решения пока отсутствуют.

5. Необходимо отметить актуальность развития направления геомеханического моделирования, в том числе и для решения задач совершенствования конструкций скважин. Уточнение допустимой эквивалентной циркуляционной плотности и оптимизация профиля для ряда горизонтальных скважин с большим отклонением от вертикали на месторождениях Северного Каспия в результате работ по геомеханическому моделированию позволило пересмотреть диаметры используемых буровых долот и уменьшить диаметры обсадных колонн.

6. Восстановление практики введения и своевременной актуализации единых общепромышленных базовых методик и требований к выполнению прочностных расчетов бурильных и обсадных колонн, колонн насосно-компрессорных труб.

С начала 2000-х годов в Российской Федерации прекращена практика установления и периодического обновления единых общепромышленных нормативных документов на проектирование и производство основных технологических процессов (инструкции по креплению, испытанию/освоению скважин, испытанию обсадных колонн

на герметичность и др.) и методик по выполнению прочностных расчетов (инструкции по расчету бурильных колонн, обсадных колонн, колонн-насосно-компрессорных труб и др.). Введенные ранее документы не пересматривались, не учитывают применяемые современные технологии строительства скважин и технические характеристики современного оборудования и материалов, применяются проектными и производственными организациями в качестве документов рекомендательного характера. Производственными и проектными организациями с учетом региональных геолого-технических условий объектов производства работ разрабатываются локальные внутриведомственные нормативные документы, детально устанавливающие требования и порядок производства отдельных технологических процессов. Однако базовые общепромышленные методики и требования к выполнению прочностных расчетов колонн, определению минимальных запасов прочности целесообразно устанавливать и актуализировать единым общепромышленным документом.

7. Актуальной является задача повышения уровня автоматизации и цифровизации для проектирования технологических процессов. Необходимо осваивать и эффективно применять в производственных и образовательных процессах специализированное программное обеспечение для проектирования: технологических операций бурения и крепления; расчета отдельных специальных технологических операций (бурение на ГНКТ, бурение на обсадной колонне и др.); выбора схем и компоновок заканчивания, проектирования технологических процессов заканчивания; оптимизации расположения кустовых площадок и траекторий проводки скважин [12]. Наиболее распространенным для выполнения указанных задач является программное обеспечение (различные программные модули) Landmark компании Halliburton. Программное обеспечение отечественных производителей не располагает возможностью решения всего широкого спектра задач в области строительства скважин и работы с результатами проектирования в единой программной среде, направлено, как правило,

на решение отдельных задач, не имеет широкого распространения.

### Заключение

Реализация рассмотренных задач и технологий, актуальных как для эксплуатационного, так и для разведочного бурения, позволяет существенно повысить эффективность и сократить сроки строительства скважин, что подтверждается опытом работы ведущих нефтегазовых компаний Российской Федерации. Критерии применимости и области эффективного применения той или иной технологии необходимо определять с учетом региональных условий объекта производства работ.

Работу по обеспечению эффективности строительства скважин необходимо проводить постоянно, оперативно реагируя на разработку новых технологий и оборудования, изменение доступного рынка оборудования и услуг, уточнение геологических данных, обновление нормативно-правовой базы и актуальные задачи производственной программы предприятия.

В настоящее время требуется актуализация базовых общепромышленных нормативных документов и методик по проектированию, выполнению прочностных расчетов и технологических процессов (операций) с учетом возможностей и технических характеристик современных технологий и оборудования.

Устойчивое развитие отрасли требует решения задач импортозамещения высокотехнологичного оборудования и инструмента, обеспечения технологического суверенитета в области современных передовых технологий, развитие собственных компетенций, в том числе в части научного и инженерного сопровождения и программного обеспечения.

Рассмотренные направления и технологии, их составные задачи, вопросы методического, инженерного и программного обеспечения их реализации могут быть потенциальными актуальными темами прикладных исследовательских и проектных работ, выпускных квалификационных работ студентов и диссертационных работ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бакиров Д.Л., Бабушкин Э.В., Бурдыга В.А., Патрушев Д.Я., Детин М.В., Фаттахов М.М., Ковалев В.Н. Снижаем затраты — бурим малым диаметром // Нефтепромышленное дело. 2019. № 12 (612). С. 67—70. DOI: 10.30713/0207-2351-2019-12(612)-67-70
2. Бакиров Д.Л., Ковалев В.Н., Бондаренко М.С., Фаттахов М.М., Мазур Г.В., Бабушкин Э.В., Детин М.В., Антонов В.В. Эволюция конструкций горизонтальных скважин в Западной Сибири // Бурение и нефть. 2022. № 10. С. 3—6.

3. Бакиров Д.Л., Овчинников В.П., Фаттахов М.М., Овчинников П.В., Рожкова О.В., Бабушкин Э.В. Сооружение многоствольных (многозабойных) скважин с горизонтальным окончанием. // Нефтепромысловое дело. 2021. № 1(625). С. 64—69. DOI: 10.33285/0207-2351-2021-1(625)-64-69
4. Воеводкин В.Л., Лядова Н.А., Окромелидзе Г.В., Мещеряков К.А., Сунцов С.В., Мальков Ю.В. Опыт и перспективы строительства скважин малого диаметра на месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» // Нефтяное хозяйство. 2018. № 12. С. 98—102. DOI: 10.24887/0028-2448-2018-12-98-102
5. Герасимов Д.С., Овчинников В.П., Кузнецов В.Г., Овчинников П.В., Клещенко И.И., Спасибов В.М. Исследования напряжений крепи скважин при воздействии давления горных пород // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2018. № 5(131). С. 89—96. DOI: 10.31660/0445-0108-2018-5-89-96
6. Коровин И.Ю., Гилаев Г.Г., Коваль М.Е., Бутузов С.А., Богаткин С.В., Фомичев В.Е. Применение скважин малого диаметра для повышения рентабельности добычи остаточных извлекаемых запасов // Бурение и нефть. 2022. № 1. С.24—27.
7. Овчинников В.П., Валитов Р.Р., Хафизов А.Р., Салтыков В.В., Мулюков Р.А., Рожкова О.В., Овчинников П.В. Требования по управлению процессами строительства скважин: учебное пособие. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. 160 с. ISBN: 978-5-9961-2610-1
8. Овчинников В.П., Вяхирев В.И., Бастриков С.Н., Киреев А.М., Овчинников П.В., Рожкова О.В., Салтыков В.В. Современные технические средства для строительства скважин с различными геологическими условиями: учебное пособие. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. 209 с. ISBN: 978-5-9961-2244-8
9. Овчинников В.П., Овчинников П.В., Аксенова Н.А., Герасимов Д.С., Рожкова О.В., Полищук С.Т. Геологические особенности залегания баженовских отложений месторождений Западной Сибири и оптимизация свойств буровой промывочной жидкости для их вскрытия // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2018. № 3(129). С. 54—63. DOI: 10.31660/0445-0108-2018-3-54-63
10. Овчинников В.П., Рожкова О.В., Бастриков С.Н., Леонтьев Д.С., Овчинников П.В. Технологические решения для строительства скважин на месторождениях высоковязких сланцевых углеводородов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2021. № 3(147). С. 52—62. DOI: 10.31660/0445-0108-2021-3-52-62
11. Овчинников П.В. Строительство сверхглубоких скважин на месторождениях Оренбургского НГК // Бурение и нефть. 2004. № 3. С. 2—5.
12. Окромелидзе Г.В., Предеин А.А., Кучевасов С.И., Клыков П.И., Фрезе А.Э. Современный подход к проектированию строительства скважин и обустройства месторождений за счет оптимизации размещения кустовых площадок и профилей скважин на примере месторождений Пермского края // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2019. № 6. С. 66—69. DOI: 10.30713/2413-5011-2019-6(330)-66-69
13. Подымов Е.Д., Власова Ю.В., Васильев Э.П., Сулейманов И.З. Анализ эффективности использования скважин малого диаметра при разработке месторождений ОАО «Татнефть» // Сб. науч. трудов ТатНИПИнефть ОАО «Татнефть», Вып. № LXXVIII. М.: Изд-во ОАО «ВНИИОЭНГ», 2010, С. 161—167.
14. Рекин С.А., Нургалеев А.Р., Агишев А.Р., Якунин С.А., Марчук М.В. Современные технические решения для строительства скважин в трубной промышленности // Бурение и нефть. 2021. № 4. С. 27—28.

## REFERENCES

1. Bakirov D.L., Babushkin E.V., Burdyga V.A., et al. Reduce costs — drill with a small diameter // Oilfield Engineering. 2019. No. 12 (612). P. 67—70 (In Russian). DOI: 10.30713/0207-2351-2019-12(612)-67-70
2. Bakirov D.L., Kovalev V.N., Bondarenko M.S., et al. Evolution of horizontal well designs in Western Siberia // Drilling and oil. 2022. No. 10. P. 3—6 (In Russian).
3. Bakirov D.L., Ovchinnikov V.P., Fattahov M.M., et al. Construction of multilateral (multihole/multibrahch) wells horizontal completion // Oilfield Engineering. 2021. No. 1(625). P. 64—69 (In Russian). DOI: 10.33285/0207-2351-2021-1(625)-64-69
4. Voevodkin V.L., Lyadova N.A., Okromelidze G.V., et al. Experience and prospect of slim hole construction on LUKOIL-Perm oilfields // Oil Industry. 2018. No. 12. P. 98—102 (In Russian). DOI: 10.24887/0028-2448-2018-12-98-102
5. Gerasimov D.S., Ovchinnikov V.P., Kuznetsov V.G., et al. Study of stresses on the crepe of wells under rocks pressure // Oil and Gas Studies. 2018. No. 5(131). P. 89—96 (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2018-5-89-96
6. Korovin I.Yu., Gilaev G.G., Koval M.E., et al. The use of small diameter wells to increase the profitability of the extraction of residual recoverable reserves // Drilling and oil. 2022. No. 1. P. 24—27 (In Russian).
7. Ovchinnikov V.P., Valitov R.R., Khafizov A.R., et al. Requirements for managing well construction processes: textbook. Tyumen: Industrial University of Tyumen, 2021. 160 p. (In Russian). ISBN: 978-5-9961-2610-1.
8. Ovchinnikov V.P., Viakhirev V.I., Bastrikov S.N., et al. Modern technical means for the construction of wells with different geological conditions: textbook. Tyumen: Industrial University of Tyumen, 2020. 209 p. (In Russian). ISBN: 978-5-9961-2244-8.

9. Ovchinnikov V.P., Ovchinnikov P.V., Aksenova N.A., et al. Geological and technical features of bazhenov formation in the territory of Western Siberia fields and the optimization of completion drilling fluid properties counter flow imbibition problem // Oil and Gas Studies. 2018. No. 3(129). P. 54—63 (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2018-3-54-63
10. Ovchinnikov V.P., Rozhkova O.V., Batrikov S.N., et al. Technological solutions for the construction of wells in the fields of high-viscosity shale hydrocarbons // Oil and Gas Studies, 2021. No. 3(147). P. 52—62 (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2021-3-52-62
11. Ovchinnikov P.V. Constructions of ultra-deep wells at in the fields of the Orenburg oil and gas complex // Drilling and oil. 2004. No. 3. P. 2—5 (In Russian).
12. Okromelidze G.V., Predein A.A., Kuchevasov S.I., et al. Modern approach to the design of wells construction and deposits development due to optimization of placement of cluster sites and wells profiles on the example of the Perm region deposits // Geology, geophysics and development of oil and gas fields. 2019. No. 6. P. 66—69 (In Russian). DOI: 10.30713/2413-5011-2019-6(330)-66-69
13. Podymov E.D., Vlasova Yu.V., Vasilyev E.P., et al. Analysis of the efficiency of using small diameter wells in the development of Open Joint Stock Company “Tatneft” fields // Proc. of the TatNIPIneft, Vol No. LXXVIII. Moscow: Open Joint Stock Company “VNIIOENG”, 2010. P. 161—167 (In Russian).
14. Rekin S.A., Nurgaleev A.R., Agishev A.R., et al. A modern technical solutions in the pipe industry // Drilling and oil. 2021. No. 4(625). P. 27—28 (In Russian).

### ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Овчинников П.В. — разработал концепцию статьи, выполнил анализ, обобщение и систематизацию материалов для статьи, подготовил текст статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Сырчина А.С. — принимала участие в обобщении и систематизации материалов для статьи, подготовила текст статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Pavel V. Ovchinnikov — developed the article concept, performed the analysis, generalization and systematization of materials for the article, prepared the text of the article and accepted the responsibility for all aspects of the work.

Anastasia S. Syrchina — participated in the generalization and systematization of materials for the article, prepared text of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Овчинников Павел Васильевич** — доктор технических наук, профессор кафедры современных технологий бурения скважин ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия e-mail: [ovchinnikovpv@mgri.ru](mailto:ovchinnikovpv@mgri.ru) тел.: + 7 (925) 060-45-25 SPIN-код: 3845-5504 ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8546-1695>

**Сырчина Анастасия Сергеевна\*** — старший преподаватель кафедры современных технологий бурения скважин ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия e-mail: [syrchinaas@mgri.ru](mailto:syrchinaas@mgri.ru) тел.: + 7 (977) 601-20-34 SPIN-код: 7739-0713 ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8287-6863>

**Pavel V. Ovchinnikov** — Dr. of Sci. (Tech.), Professor of the Department of Modern Well Drilling Technologies Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia e-mail: [ovchinnikovpv@mgri.ru](mailto:ovchinnikovpv@mgri.ru) tel.: + 7 (925) 060-45-25 SPIN-code: 3845-5504 ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8546-1695>

**Anastasia S. Syrchina\*** — Senior Lecturer of the Department of Modern Well Drilling Technologies Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia e-mail: [syrchinaas@mgri.ru](mailto:syrchinaas@mgri.ru) tel.: + 7 (977) 601-20-34 SPIN-code: 7739-0713 ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8287-6863>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-33-51>  
УДК: 556.3, 624.131.1



# УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ В ТУРКМЕНСКОМ СЕКТОРЕ ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО БАССЕЙНА

У.С. СЕРИКОВА, М.А. АЛЛАЗАРОВА\*

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»  
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117485, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** Рассматриваются условия формирования и размещения углеводородных систем и скоплений нефти и газа в Туркменском секторе Южно-Каспийского бассейна.

**Цель.** Моделирование по имеющимся данным углеводородных систем Туркменского сектора Каспийского моря.

**Материалы и методы.** Проведение статических обобщений и систематизация имеющихся данных. Часть материалов была заимствована из источников фондового типа и справочной литературы, промысловых данных и опубликованных работ Ш.Ф. Мехтиева, И.С. Гулиева, М.З. Рачинского, С.С. Джибути, С.А. Алиева, В.Ю. Керимова, В.В. Колодия и др. Моделирование данных в программном обеспечении PetroMod.

**Результаты.** В результате численного моделирования определены условия формирования основных элементов углеводородных систем — нефтегазоматеринские толщи, резервуары, покрышки и выявлены перспективы нефтегазоносности. Установлены основные пространственно-временные закономерности развития процессов генерации, миграции и аккумуляции углеводородных флюидов, а также условия формирования ловушек; создана карта, на которой показаны потенциально перспективные зоны, объекты и «плеи», определены перспективы нефтегазоносности и обоснованы основные направления поисково-разведочных работ на нефть и газ в Туркменском секторе Каспийского моря.

**Ключевые слова:** Южно-Каспийский бассейн, нефтегазоматеринские толщи, углеводородная система, Туркменский сектор, Каспийское море, моделирование, скопление углеводородов

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Серикова У.С., Алланазарова М.А. Условия формирования углеводородных систем в Туркменском секторе Южно-Каспийского бассейна. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка.* 2023;65(5):33—51. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-33-51>

Статья поступила в редакцию 06.09.2023

Принята к публикации 12.10.23

Опубликована 31.10.2023

\* Автор, ответственный за переписку

## FORMATION CONDITIONS OF HYDROCARBON SYSTEMS IN THE TURKMEN SECTOR OF THE SOUTH CASPIAN BASIN

ULYANA S. SERIKOVA, MEHRIBAN A. ALLANAZAROVA\*

*Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting  
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117485, Russia*

### ABSTRACT

**Background.** The formation and placement conditions of hydrocarbon systems and their accumulation in the Turkmen sector of the South Caspian basin are considered.

**Aim.** To model the existing hydrocarbon systems in the Turkmen sector of the Caspian Sea based on available data.

**Materials and methods.** Statistical generalization and systematization of available data was carried out. Research materials included fund and reference sources, fieldwork data, and publications by Sh.F. Mehdiyev, I.S. Guliyev, M.Z. Rachinsky, S.S. Djibouti, S.A. Aliyev, V.Y. Kerimov, V.V. Kolodiya, etc. Data modeling was performed in the PetroMod software.

**Results.** The conducted numerical modeling established the formation conditions of the key elements of hydrocarbon systems, including oil and gas mother strata, reservoirs, and seals. Hydrocarbon prospects were identified. The main spatial and temporal patterns in the development of generation, migration, and accumulation processes of hydrocarbon fluids were determined, along with the formation conditions of traps. A map depicting potentially promising areas, objects, and plays was drawn. Hydrocarbon prospects were identified. Directions for oil and gas prospecting and exploration in the Turkmen sector of the Caspian Sea were substantiated.

**Keywords:** South Caspian basin, oil and gas mother strata, hydrocarbon system, Turkmen sector, Caspian Sea, modeling, hydrocarbon accumulation

**Conflict of interest:** the authors declare that there are no conflicts of interest.

**Financial disclosure:** no financial support was provided for this study.

**For citation:** Serikova U.S., Allanazarova M.A. Formation conditions of hydrocarbon systems in the Turkmen sector of the South Caspian basin. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(5):33—51. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-33-51>

*Manuscript received 06 September 2023*

*Accepted 12 October 2023*

*Published 31 October 2023*

\* Corresponding author

Южно-Каспийский бассейн (ЮКБ) приурочен к крупной области прогибания земной коры. Граница бассейна проходит по крупным глубинным разломам. На севере это краевой разлом, протягивающийся от мегаантиклинория Большого Кавказа к Большому Балхану. К северу от него располагается уже эпигерцинская платформа. На юге, за пределами Туркменистана, рассматриваемая впадина ограничивается системой краевых разломов Эльбрус-Малокавказской орогенной системы. На востоке под широким шельфом скрывается погребенное поднятие Година, на склон которой наложен Западно-Туркменский молассовый прогиб. В северном приобортовом обрамлении

Южно-Каспийского бассейна выделяется крупная Апшероно-Прибалханская система поднятий субширотного простирания, имеющая сложное геологическое строение. Эта зона включает структурные элементы п-ова Апшерон, Апшеронского архипелага, Апшероно-Прибалханского порога и Прибалханского района Туркменистана.

Для формирования структурно-тектонического каркаса модели Южно-Каспийского бассейна были использованы структурные построения по подошве и основным комплексам осадочного чехла, а также топографические карты. Сформированные пространственно-временные модели включают основные осадочные комплексы: юрский, меловой,

палеоцен-эоценовый, олигоцен-миоценовый и плиоценовый [5].

### Методика исследований

Для выполнения моделирования углеводородных систем были использованы программные пакеты Petromod (Шлюмберже) и Platte River's Basin Mod.

Информационной базой исследований являются статистическое обобщение и систематизация поинтервальных и точечных замеров температур в долго простаивающих скважинах месторождений и площадей, материалов по геологии и гидрогеологии локальных структур, частично заимствованных из справочной литературы, фондовых источников, промысловых данных и опубликованных работ Ш.Ф. Мехтиева, И.С. Гулиева, М.З. Рачинского, С.С. Джибути, С.А. Алиева, В.Ю. Керимова, В.В. Колодия и др.

### Результаты исследований и их обсуждение

Геотемпературный режим недр относится к числу важнейших факторов, определяющих условия генерации углеводородов и характеризующих

обстановки миграции и аккумуляции нефти и газа в толще осадочных пород. Существенная роль глубинного тепла Земли проявляется в его регулирующем влиянии на ход превращений исходного органического вещества и на все последующие физико-химические изменения в составе природных флюидов, контролирующие их мобильность в миграционных процессах и фазовое состояние. Результаты исследования температурных условий разрезов нефтегазоносных регионов, районов, зон, площадей и участков могут служить вескими аргументами при решении вопросов, связанных с установлением вида, формы и пространственной ориентации перемещения флюидов, формированием, размещением и сохранением залежей углеводородов и прогнозом их фазового состояния. В результате исследований распределение по глубине фактических значений пластовых температур в интервале гипсометрических отметок 0...-6000 м в Южно-Каспийском бассейне аппроксимируется следующими выражениями:  $t = 13,7 + 0,196H^{0,725}$ , где  $H$  — глубина (м). На рисунке 1 представлены данные, характеризующие геотемпературные условия рассматриваемого региона [31].

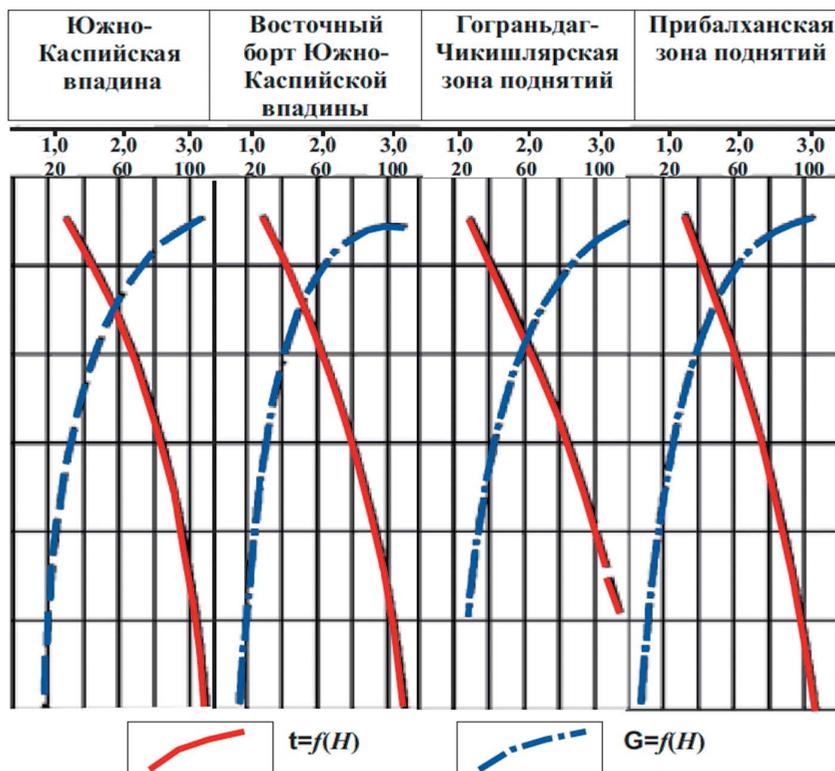


Рис. 1. Зависимость изменения температуры и геотемпературных градиентов с глубиной по отдельным зонам и районам Южно-Каспийского бассейна

Fig. 1. Dependence of temperature changes and geotemperature gradients with depth for individual zones and regions of the South Caspian basin

Форма зависимостей «температура — глубина» и «геотемпературный градиент — глубина» (градиенты определялись из условия  $dt/dH$ ) (рис. 1) свидетельствуют о том, что влияющие механизмы, регулирующие характер распределения температур по глубине, проявляется по всему разрезу не одинаково — во всех регионах в интервале глубин порядка 800 — 1500 м кривые  $t = f(H)$  начинают изменять свою конфигурацию, приближаясь к оси глубин [7].

Проведенные исследования позволили охарактеризовать геотемпературную компоненту ЮКБ (Южно-Каспийский бассейн) следующими основными чертами:

- в мезозойских отложениях туркменской части ЮКБ в интервале 0,5—23 км  $t_{mz} = 16,8 + 0,073H^{0,851}$  и  $G_{mz}^t = 2,46—1,39^\circ\text{C}/100\text{ м}$  ( $G^t$  — геотемпературный градиент);

- в палеоген-миоценовых отложениях туркменской части ЮКБ эти показатели изменяются в интервале 0,5—9 км  $t_{pg-mi} = 16,8 + 0,5375H^{0,602}$  и  $G_{pg-mi} = 2,720,86^\circ\text{C}/100\text{ м}$ ;

- в плиоценовых отложениях КТ туркменской части ЮКБ эти показатели находятся в диапазоне 0,05—7 км  $t_{rs} = 13,7 + 0,488H^{0,607}$  и  $G_{rs} = 6,27—0,91^\circ\text{C}/100\text{ м}$ .

Анализ геотемпературных показателей с целью исследований вертикальной катагенетической зональности позволил установить следующее.

Отложения мезозойского комплекса (толщина 4,5—11 км) с периода своей седиментации и до настоящего времени последовательно прошли все этапы литогенетических трансформаций пород и стадии превращения их РОВ (рассеянное органическое вещество): от диагенеза (Д), прото- (ПК), мезо- (МК), апокатагенеза (АК) до метагенеза (МГ). При этом в гипсометрическом интервале погружения кровли каждой из отлагавшихся стратиграфических составляющих комплекса на глубины до 0,16 км завершалась генерация газов биохимического происхождения (стадия Д); до 1,8 км — раннекатагенетического метана (подстадия ПК, градации ПК1—ПК3); в диапазоне глубин кровли 1,8—2,7 км отложения комплекса вступали в зону нефтеобразования (подстадия МК, градация МК1); 2,7—4,4 км — в главную фазу нефтеобразования (градации МК2); 4,4—5,4 км — в зону завершения нефтегенерации (градации МК3); 5,4—10,9 км — в зону образования жирного газа и конденсата (градации МК4—АК2); 8—17 км — в зону генерации позднекатагенетического метана (градации АК3—АК4); 13,4—21,5 км — в зону образования  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  и других газов обстановки метаморфизма (стадия МГ).

Оценки показывают, что генерация нефти, конденсата и жирного газа в мезозойском разрезе была практически завершена в основном к раннеплиоценовому времени. В подстадию апокатагенеза, отвечающую позднекатагенетическому метанообразованию (градации АК3—АК4), отложения комплекса вступали в период прохождения ими глубин 8—17 км, что соответствует временному интервалу мезозой-плиоцен. В процессе продолжающегося прогибания бассейна (плиоцен-антропогеновое время) стратиграфические композиты мезозойского комплекса на глубинах 13,4—21,5 км вступали в зону генерации сухих и кислых газов (стадия метагенеза). В настоящее время породы и РОВ комплекса в зависимости от глубины своего положения (6—21,5 км) и температуры находятся главным образом в генерационном диапазоне апокатагенез-метагенез и продуцируют преимущественно газовую фазу метанового, метано-углекислого, метано-азотного, углекислого и азотного составов. В исследуемых регионах — Прибалханской и Гограньдаг-Чикишлярской зоне поднятий реализуются градации МК4—МК5.

**Отложения палеоген-миоценового комплекса** (толщина 2,5—5 км) в интервале погружения кровельных частей составляющих их стратиграфических единиц до 0,2 км прошли стадию диагенеза; подстадию протокатагенеза (градации ПК1—ПК3) — при прохождении глубин 0,2—1,8 км; градацию МК1 подстадии мезокатагенеза — 1,8—2,7 км; в градацию МК2 породы и РОВ вступали на глубинах 2,7—6,1 км; в градацию МК3 — в интервале 4—7,6 км; в градации МК4—АК2 на глубинах 5,3—9 км; в градацию АК3 — 10,4—11 км. Соответственно, в век КТ генерация газов биохимического и раннекатагенетического происхождения была в них практически завершена; в зоне нефтеобразования осадки комплекса пребывали с середины плиоценового времени; в обстановке генерации жирного газа и конденсата — с позднего плиоцена — начала антропогена; генерация глубинного метана также датируется антропогеновым временем. Современное состояние комплекса в зависимости от глубин его залегания и геотемпературных условий характеризуется образованием нефти, конденсата, жирного газа и частично позднекатагенетического метана, т.е. продуцированием всех видов и фаз УВ [7].

Отложения плиоцен-антропогенового комплекса в ходе геологической эволюции реализовывали свой нефтегазогенерационный потенциал в интервале стадий диагенеза, прото-

и мезокатагенеза (подстадии ПК и МК — градации МК1 и частично МК2). Биохимическое и раннекатагенетическое газообразование осуществляется в пределах глубин погружения кровельных частей, составляющих комплекса, соответственно — 0,03—0,2 и 0,03—2,7 км; начало генерации нефти (градация МК1) охватывает гипсометрический диапазон погружения осадков 1,6—4,1 км; главная фаза нефтеобразования (градация МК2) — глубины 2,6—6 км [9].

Приведенные данные по палеоген-миоценовому и плиоцен-антропогеновому комплексам в сочетании с констатированной весьма низкой прогреетостью осадочного разреза бассейна (значения геотемпературных градиентов не превышают 22,7°C/км) соответствуют результатам углепетрографических исследований Т.П. Дмитриевой и Г.М. Парпаровой (1981). Анализ результатов проведенных расчетов показывает, что в большинстве районов ЮКБ на современном этапе их геологической истории и диапазоне глубин залегания мезозойский комплекс (толщина 4,5—11 км, температура кровли-подошвы — 167—424 °C) является генератором главным образом высокотемпературного метана, CO<sub>2</sub> и азота; палеоген-миоценовый (2,5—5 км, 76—237 °C) — основным донатором нефти, жирного газа, конденсата и частично позднекатагенетического метана; плиоцен-антропогеновый — раннекатагенетического метана и относительно небольших объемов нефтей ранней генерации [3].

Учет скорости прогибания бассейна требует внесения существенных корректив в оценки степени полноты реализации генерационного потенциала пород его разреза и соответственно современного фактического гипсометрического положения отдельных генерационных зон. Если для мезозойского (продолжительность осадконакопления 121 млн лет) и палеоген-миоценового (продолжительность 56 млн лет) времен, характеризующихся темпами седиментации соответственно 37—91 и 36—89 м/млн лет, представляется допустимым полагать достаточно высокую степень реализации генерационного потенциала в большей части объема разреза еще на доплиоценовом этапе и более или менее удовлетворительное соответствие положения генерационных зон шкале катагенеза РОВ пород, то для плиоцен-антропогенового времени, характеризующегося лавинным осадконакоплением (скорость 437—750 и до 900 м/млн лет) и чрезвычайно интенсивным прогибанием ЮКБ, есть все основания считать неизбежным «проскакивание» нефтегазопроизводящих свит

(в том числе частично верхняя часть и палеоген-миоценового комплекса) через зоны генерации соответствующих флюидов; частичную консервацию их генерационного потенциала; смещение вниз по вертикали генерационных зон и главных фаз; растянутость их по глубине; выход из пород флюидов, вещественно и фазово не отвечающих гипсометрической позиции и термобарическим условиям генерирующих толщ. В том же направлении действуют и своеобразная литофизическая композиция палеоген-миоценового интервала — выполненность преимущественно глинистой фацией и, что особенно значимо, существование в нем весьма жестких геобарических условий (коэффициенты сверхгидростатичности поровых давлений 1,90—2,40). Совокупный эффект обоих последних факторов определяет также объективную лимитацию протекания в комплексе химических реакций преобразований РОВ пород вследствие значительного ограничения объемов и скорости оттока их продуктов, в определенной мере консервацию генерационного потенциала и реализацию его в расширенном по вертикали диапазоне глубин и геотемператур [4].

Правомерность подобного заключения находит подтверждение в констатированной резко повышенной битуминозности глин палеоген-миоценовой серии региона и широком распространении в ее разрезе сланцеватых горючих разностей. Указанные наблюдения утверждают отсутствие в комплексе достаточных условий для более или менее незатрудненного оттока из его реакционного объема продуктов реализации катагенетических трансформаций РОВ. Приведенная совокупность данных позволяет считать, что в осадочном разрезе ЮКБ современное фактическое гипсометрическое положение зоны нефтеобразования реально охватывает диапазон глубин 8—10 км, зоны генерации конденсата и жирного газа — до 12—14 км, т.е. указанные процессы осуществляются главным образом в подстилающих красноцветную толщу отложениях. Этим выводом, в свою очередь, формулируется принципиально важное теоретическое положение о преимущественно вторичном характере УВ насыщения КТ и аллохтонном присутствии в ее природных резервуарах нефти, газа и конденсата [32].

Достаточная корректность выполненных выше оценок находит подтверждение в их принципиальном соответствии результатам расчетов по иной методике — шкале катагенетических превращений D. Waples, основанной на корреляции показателей отражающей способности витринита, степени преобразованности РОВ и величины

## ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ / GEOLOGY AND PROSPECTING FOR HYDROCARBON RESERVES

СИТ — суммарного импульса тепла (по Н.В. Лопатину), фиксирующей зону генерации нефти (градации МК1—МК3) в пределах значений при СИТ 15—160; конденсата и жирного газа (градации МК4—МК2), СИТ — 160—65 000; позднекатагенетического метана (градации АК3—АК4), СИТ — 65 000—972 000; диоксида углерода, азота и других газов обстановки метаморфизма (стадия метагенеза — МГ), СИТ > 972 000.

Интегрируя геотермальную историю и прогнозируя степень катагенетической зрелости ин-

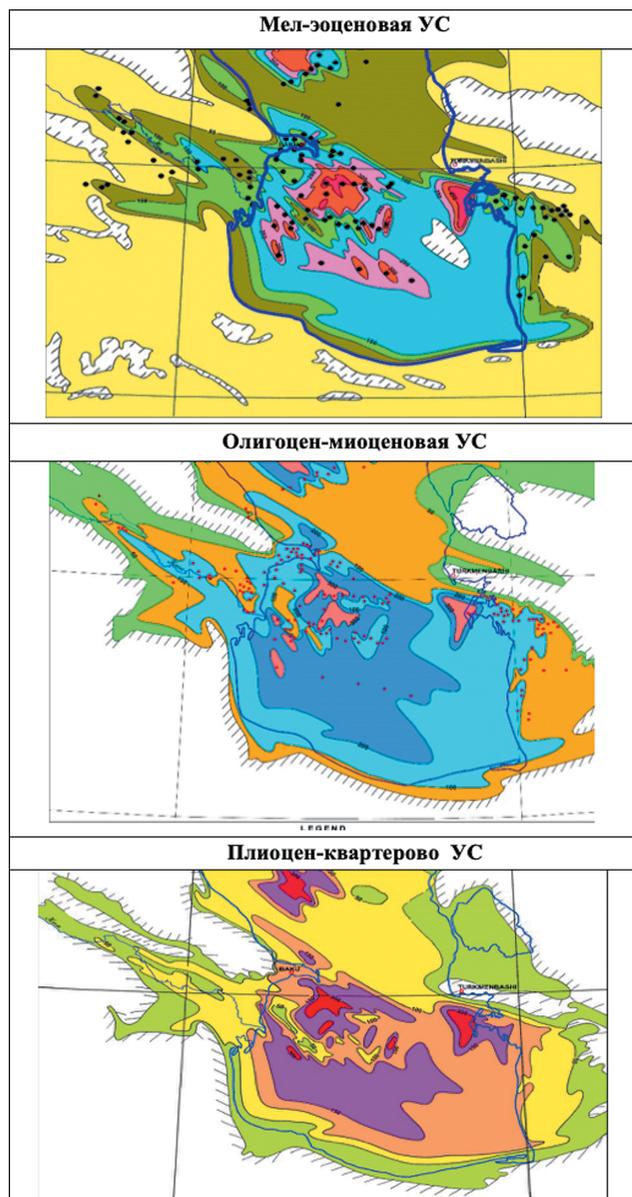
тервалов возможных нефтематеринских пород по времени, были исследованы история генерации УВ. В результате моделирования в Южно-Каспийском бассейне выделяются мел-эоценовая, олигоцен-миоценовая и плиоцен-квартерово углеводородные системы. Последние две представляют большую часть разреза Южно-Каспийского бассейна, в том числе в туркменском секторе Каспийского моря (рис. 2) [12].

Моделирование генерации и аккумуляции было проведено по трем скважинам (Ливанов-6, Туркменабат-1 (бывшая Ферсман-1) и Чодгаулиев-2), а также по семи псевдоскважинам, расположенным в стратегически важных участках бассейна. В исследуемом регионе в разрезе осадочного комплекса были выявлены четыре интервала нефтематеринских пород [20]. Все эти модели охватывают период от олигоцена до современного времени (см. рис. 1).

В исследуемом регионе в разрезе осадочного комплекса выявлено четыре интервала нефтематеринских пород: в нижнем майкопе —  $Mk_1$  (500 м); в верхнем майкопе — нижнем миоцене —  $Mk_3-N^1_1$  (250 м); в среднем-верхнем миоцене (диатомская свита)  $N^2_1-N^3_1$  (diat.) (100 м); в верхнем миоцене (понтические пласты)  $N^3_1$  (pnt) (до 400 м).

Для всех интервалов нефтематеринских пород содержание органического углерода было принято, в интервале 1—3 со смесью II/III керогена. Современная температура поверхности была принята как постоянная величина 5 °С. Применялась модель переходного теплового потока, которая использовала полное дифференциальное уравнение и учитывает теплоемкость различных литологических единиц [15]. В процессе моделирования использовалась величина постоянного теплового потока 40 мВт/м<sup>2</sup> [16], что обычно соответствует современному температурному градиенту, который составляет приблизительно 16—19 °С/км, что, в свою очередь, соответствует замерам [22].

Моделирование генерации, проведенное по трем скважинам и шести псевдоскважинам, представлено в виде диаграмм истории захоронения ОВ и распространения категорических зон в процессе истории прогибания осадочного бассейна (рис. 4 и 5). На рисунке 6 продемонстрированы кумулятивные кривые генерации углеводородов в двух вариантах: 1 — по всем нефтематеринским интервалам и 2 — только по нефтематеринским интервалам в миоцене для скважин Чодгаулиев-2 Туркменабаши-1 и Ливанов-6. А для псевдоскважин показаны кумулятивные



**Рис. 2.** Схемы распространения углеводородных систем в Южно-Каспийском бассейне  
**Fig. 2.** Schemes of distribution of hydrocarbon systems in the South Caspian basin

кривые генерации углеводородов по всем нефтематеринским интервалам [6].

Отложение преимущественно мелкозернистого олигоценно-миоценового комплекса содержит в себе основные нефтематеринские породы бассейна [17]. В это время седиментация проходила достаточно медленно, в основном со скоростью 0,5 км/млн лет, и поэтому образование углеводородов шло достаточно медленно [31]. Несмотря на это проведенное моделирование свидетельствует, что в нефтематеринских интервалах в олигоцене образование углеводородов началось в раннем миоцене, что подтверждается диаграммами кумулятивной генерации углеводородов. Более раннее образование нефти проходило на северо-западе, поскольку в этом направлении происходит увеличение мощности майкопской серии [24]. В этом комплексе к позднему миоцену нефтематеринский интервал в олигоцене достиг степени созревания, достаточного для образования нефти и газа. Тем не менее моделирование свидетельствует о том, что в юго-восточной части бассейна, например в районе псевдоскважины 6, нефтематеринский интервал в олигоцене находился в это время только на грани созревания [8].

Моделирование также свидетельствует о том, что процессы генерации углеводородов связаны с нефтематеринскими интервалами в миоцене, верхне-майкопской свите, диатомской свите [21]. Что же касается понтических пластов, вряд ли органическое вещество этих пластов достигло где-либо в бассейне достаточной степени зрелости ко времени отложения красноцветов. Это иллюстрируется диаграммами кумулятивной генерации углеводородов, которые охватывают только нефтематеринские интервалы в миоцене. Поэтому можно сделать вывод о том, что временные рамки образования нефти и газа в нефтематеринских породах миоцена и, вероятнее всего, олигодена в Южно-Каспийском бассейне зависели от захоронения в периоды наиболее высокой скорости седиментации (более 2,5 км/млн лет) [23], которые связаны с красноцветами плиоцена и акчагыльским и апшеронским комплексами. Такая поздняя и интенсивная седиментация вызвала депрессию изотерм и окна созревания [29]. Это является причиной того, что по диаграммам кумулятивного образования углеводородов по нефтематеринским интервалам в миоцене наиболее интенсивное их образование проходило в последние 5 миллионов лет, что является наиболее оптимальным отрезком времени, соответствующим отложению коллекторов-красноцветов и образованию ловушек [1].

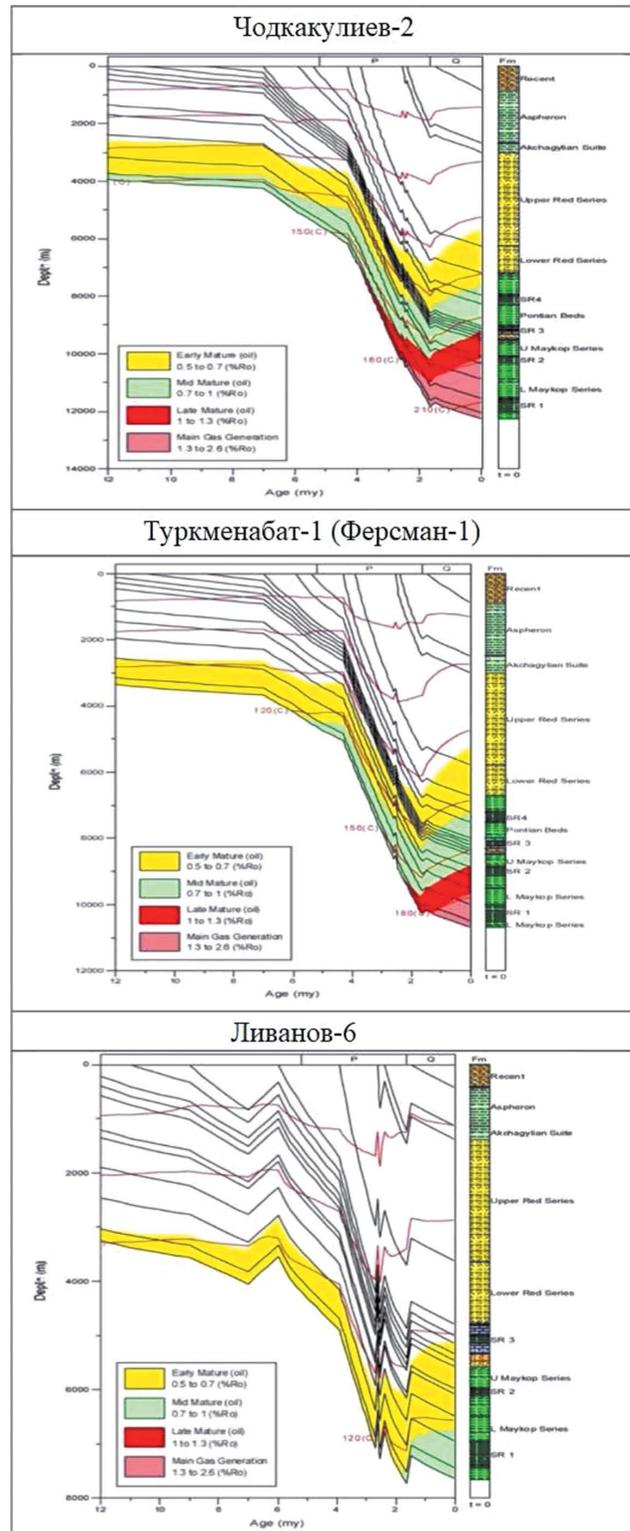


Рис. 3. Модели генерации УВ в зонах расположения скважин

Fig. 3. Models of HC generation in well location zones

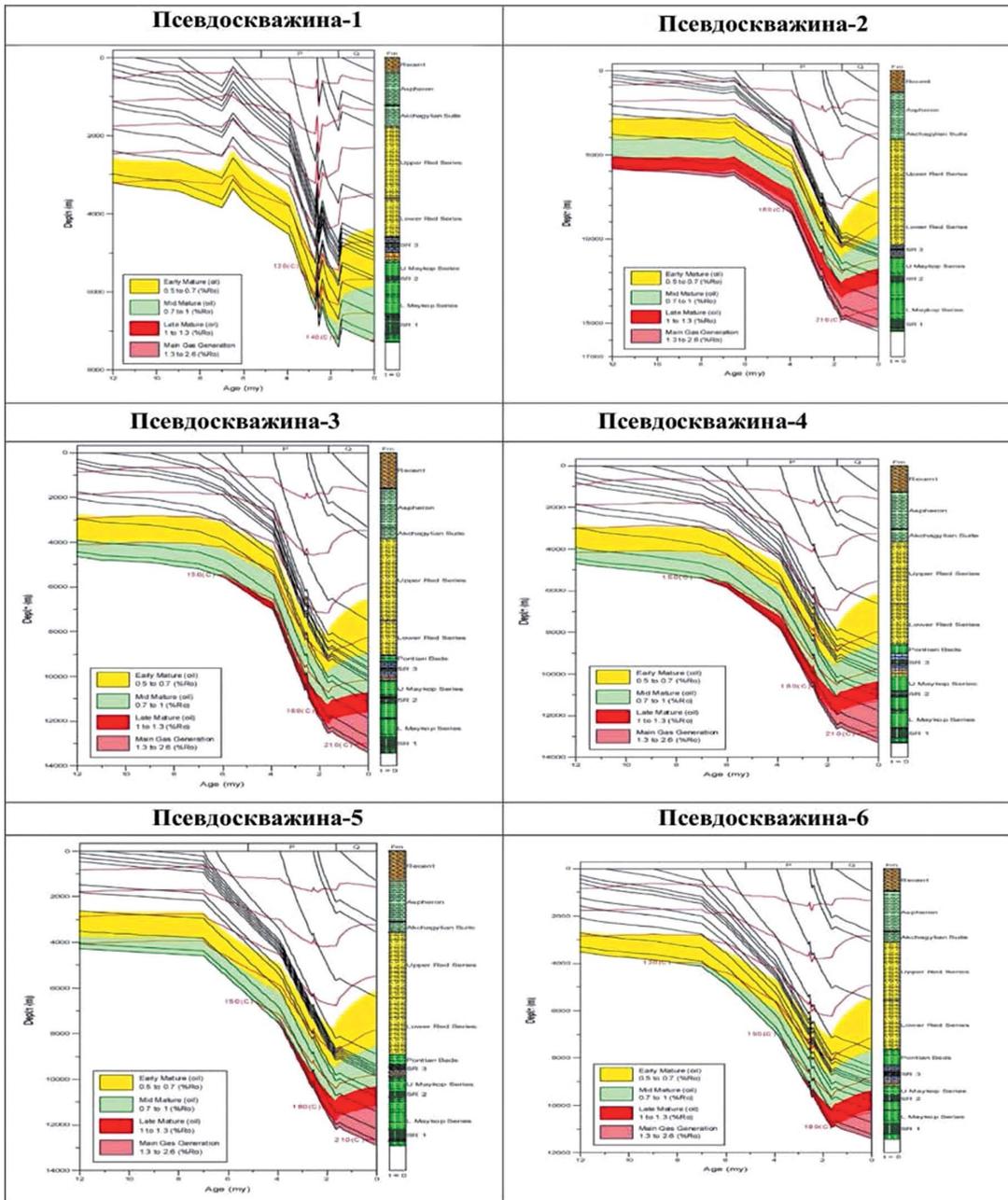


Рис. 4. Модели генерации УВ в зонах расположения псевдоскважин [18]  
 Fig. 4. Models of HC generation in pseudo-wells location zones [18]

Поскольку бассейн еще термально не уравновесился для отложения красцветов, то присутствует низкий современный температурный градиент. Моделирование свидетельствует о том, что современный седиментационный разрез до глубины 6 км термально созрел недостаточно для образования нефти, что совпадает с наиболее глубоко залегающими красцветами плиоцена [27]. Подстилающие их миоценовые нефтематеринские

интервалы в среднем являются созревшими или перезревшими для образования нефти, а предложенный нефтематеринский интервал в олигоцене обычно имеет степень созревания, необходимую для образования газа в настоящее время [33]. Анализ нефтей Южного Каспия свидетельствует о том, что в основном они образовались в недостаточно созревших нефтематеринских породах, поэтому можно предположить,

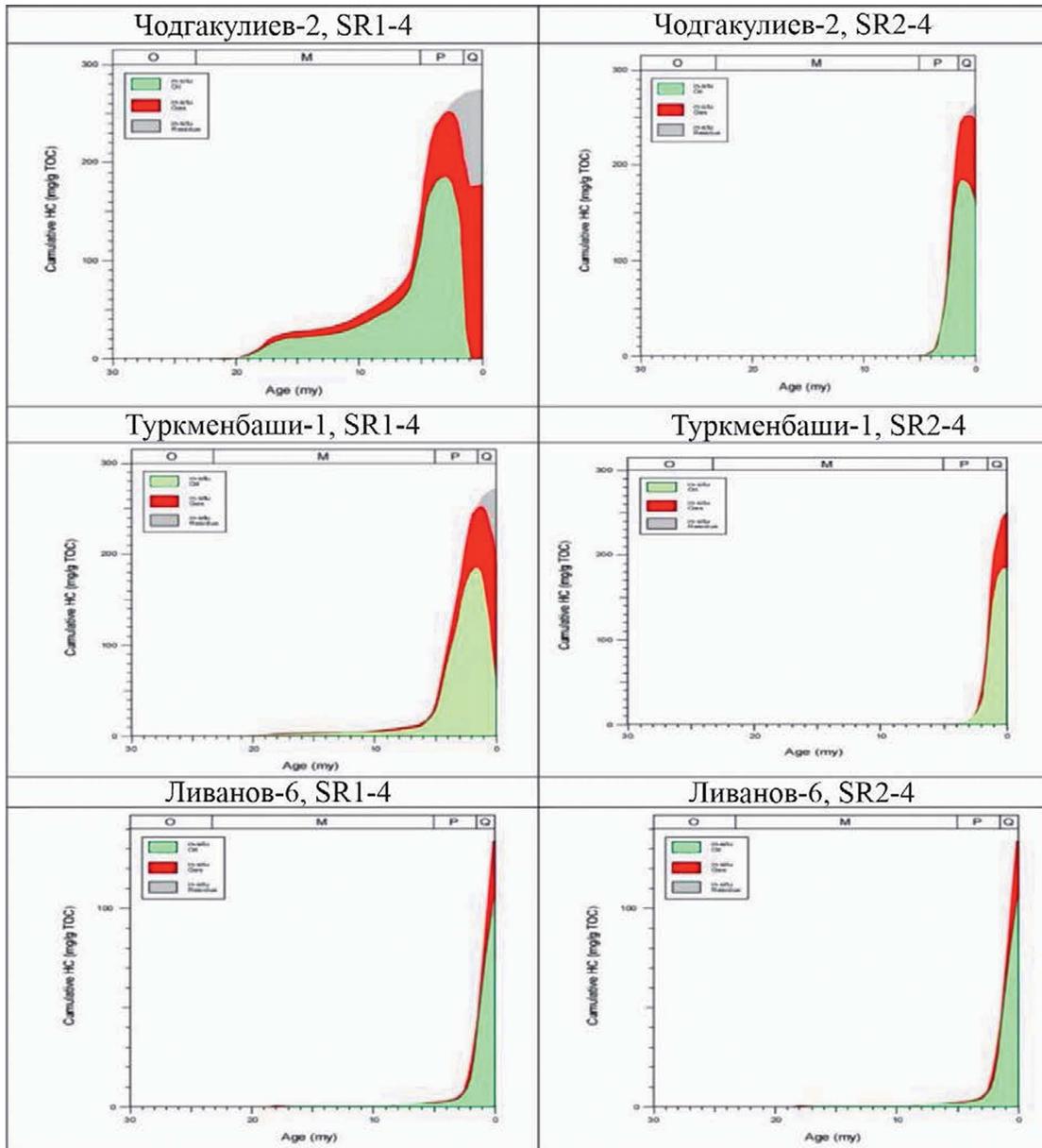


Рис. 5. Кумулятивные кривые генерации углеводородов  
 Fig. 5. Cumulative curves of hydrocarbon generation

что нефтематеринские интервалы верхнего миоцена вносят значительный вклад в нефтегазовую систему бассейна. Моделирование участка, прилегающего к сланцевому крылу диапира Апшеронского хребта и в зоне инверсии непосредственно к северу, псевдоскважина 1, свидетельствует о том, что предполагаемые более глубоко залегающие олигоценые-миоценовые майкопские нефтематеринские интервалы в современное время достигли ранней или высокой степени зрелости для образования нефти и что значительное образование нефти проходило только в квартере.

Периоды поднятия и эрозии, моделированные на интервале 500 метров, не оказали существенного влияния на общую степень зрелости, поскольку этот разрез достиг наивысшей температуры только к современному времени [25]. Поэтому можно предположить, что в ловушки, располагающиеся к северу от Апшеронского хребта, углеводороды поступали из местных источников — при наличии нефтематеринских интервалов в майкопа.

Одной из характерных и исключительно важных особенностей мезокайнозойского комплекса Южно-Каспийского бассейна является

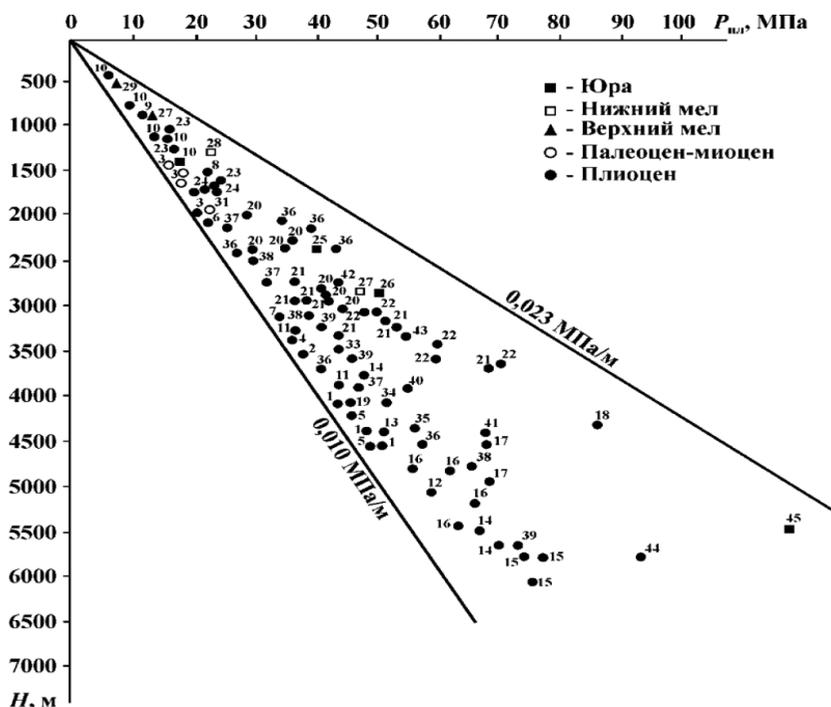
широкое развитие в нем аномально высоких поровых в не(слабо)проницаемых интервалах разреза (глинах, аргиллитах) и пластовых давлений в терригенных и карбонатных коллекторах [19]. Зоны и участки их проявлений характеризуются приуроченностью к различным стратиграфическим комплексам, варьирующей по разрезу и площади интенсивностью, различающимися механизмами генерации, условиями консервации и релаксации, степенью гидравлической связи с региональной гидродинамической системой и локальными водонапорными комплексами [2]. В мезозойских отложениях в Туркменском секторе Южно-Каспийского бассейна аномально высокие давления констатированы в ряде структур восточного замыкания Прибалханской зоны, на суше Горганского прогиба [14].

Анализ площадного распределения АВПД по всему вскрытому стратиграфическому разрезу ЮКБ (рис. 6) [35] выявляет достаточно напряженное в целом состояние его региональной геофлюидодинамической системы в пределах локальных поднятий — среднее по всем водонапорным комплексам значение превышений пластовых давлений над гидростатическим составляет 33,5 МПа

при коэффициенте аномальности 1,89. Изложенное позволяет заключить, что основным механизмом формирования аномальных давлений в коллекторах плиоцена ЮКБ является инъекция в его разрез высоконапорных флюидов из подстилающих осадочных комплексов, осуществляющаяся главным образом в пределах локальных поднятий по системе дизъюнктивной дислокации и обуславливающая их преимущественно эпигенетический характер [30]. Дополнительными факторами представляются упругое сжатие природных резервуаров, реализованное как следствие неотектонических процессов, и дегидратация смектитов глинистых разностей разреза в интервале достаточных температур [37].

Общая четкая тенденция последовательного уменьшения средних значений коэффициентов аномальности пластовых давлений вверх по разрезу дает основание считать основным механизмом формирования геофлюидодинамического режима ЮКБ субвертикальный межформационный флюидомассоперенос [28].

Вертикальные каналы для миграции флюидов представляют собой важные зоны для разгрузки



**Рис. 6.** Начальные пластовые давления в водонапорных комплексах в Туркменском секторе ЮКБ. Месторождения: 33 — бывш. Ливанова-вост., 34 — б. ЛАМ, 35 — б. Жданова, 36 — Челекен, 37 — Небитдаг, 38 — Котур-Тепе, 39 — Барсагельмес, 40 — Бурун, 41 — Кызылкум, 42 — Кумдаг, 43 — Камышлджа, 44 — Сабаил, 45 — Гозел-Тепех

**Fig. 6.** Initial reservoir pressures in water-pressure complexes in the Turkmen sector of the YUKB. Deposits: 33 — former Livanova-east, 34 — f. LAM, 35 — f. Zhdanova, 36 — Cheleken, 37 — Nebitdag, 38 — Kotur-Tepe, 39 — Barsagelmes, 40 — Burun, 41 — Kyzylkum, 42 — Kumdag, 43 — Kamyshldzha, 44 — Sabail, 45 — Gozel-Tepeh

флюидов в уплотняющиеся комплексы песков и глин. Присутствие латерального градиента давления, оказывающего влияние с юга на север через бассейн, свидетельствует о том, что вертикальная проводимость недостаточна для сброса избыточного давления [10]. Тем не менее на сейсмических профилях (рис. 7) мы видим четкие доказательства в виде ярких пятен на кровле сбросов и газовых каналов над сбросами, а также признанная связь месторождений нефти и газа с диапирами глинистых сланцев свидетельствует о том, что в этих зонах проходит определенный объем вертикальной миграции [26]. Вышесказанное свидетельствует о горизонтальной миграции углеводородов в совокупности с вертикальной миграцией, связанной с дизъюнктивными нарушениями.

В исследуемом регионе широко распространены разновидности структурных и неструктурных ловушек. Среди них ловушки в брахиантиклиналях, тектонически экранированные, обусловленные стратиграфическим выклиниванием, изолированные трансгрессивными глинами, конусами выноса дна бассейна, каналами и карбонатными постройками [11].

Образование структурных ловушек связано с Кавказской компрессией в позднем плиоцене, и эти ловушки часто ассоциируются с грязевыми диапирами. С юго-восточного угла района съемки в северо-западном направлении к центру бассейна простираются два выступающих линейных хребта. Они ассоциируются с конседиментационным

сбросообразованием в пластах красноцветов, возможно, вызванных силами сжатия или дифференциальным уплотнением и обезвоживанием подстилающих глин [38].

Основная суть традиционной концепции разведки залежей нефти и газа в досреднеплиоценовом разрезе Западной Туркмении заключалась в поисках брахиантиклинальных ловушек, расчлененных сбросами на блоки, т.е. антиклиналей, конформных со структурами плиоцена, где выявлены скопления УВ. В Западной Туркмении широко распространены ловушки, связанные с антиклиналями, с клиновидными надвигами; литологическим выклиниванием и замещением; стратиграфическим срезанием и перекрытием пластов-коллекторов глинисто-алевролитовыми толщами среднего плиоцена; тектоническим экранированием.

На большей части Южно-Каспийского бассейна в пределах Туркмении среднеплиоцен-четвертичный слабодислоцированный структурный этаж (углы падения пород на крыльях брахиантиклиналей 1—2°) подстилается не слабдеформированными автохтонными породами, как предполагалось ранее, а аллохтонным разрезом юры — низов нижнего плиоцена. Аллохтонный структурный этаж, в свою очередь, сбросами и сдвигами расчленен на блоки и подстилается мезозойско-нижнекайнозойским разрезом автохтонного залегания. Примеры тектонически экранированных залежей нефти и газа Туркменистана на показаны на рисунках 8 и 9 [39].

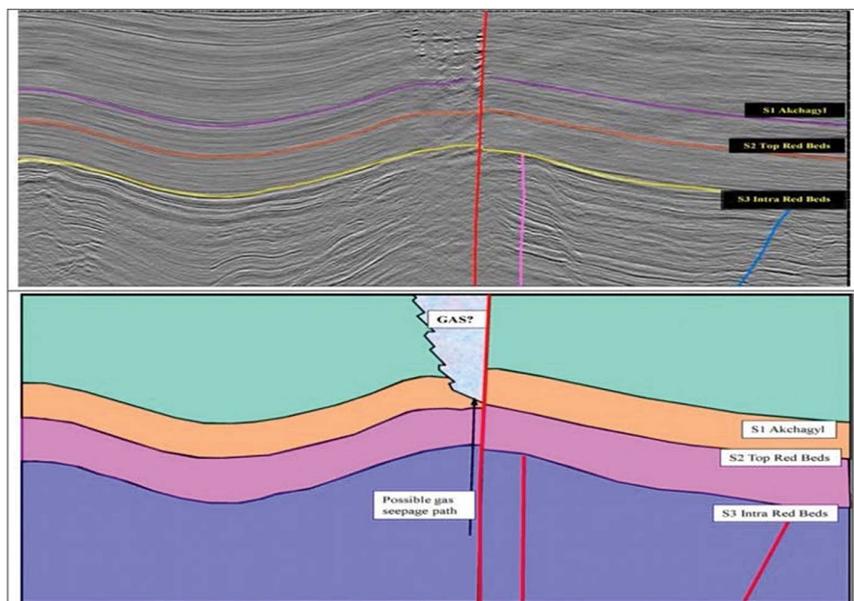
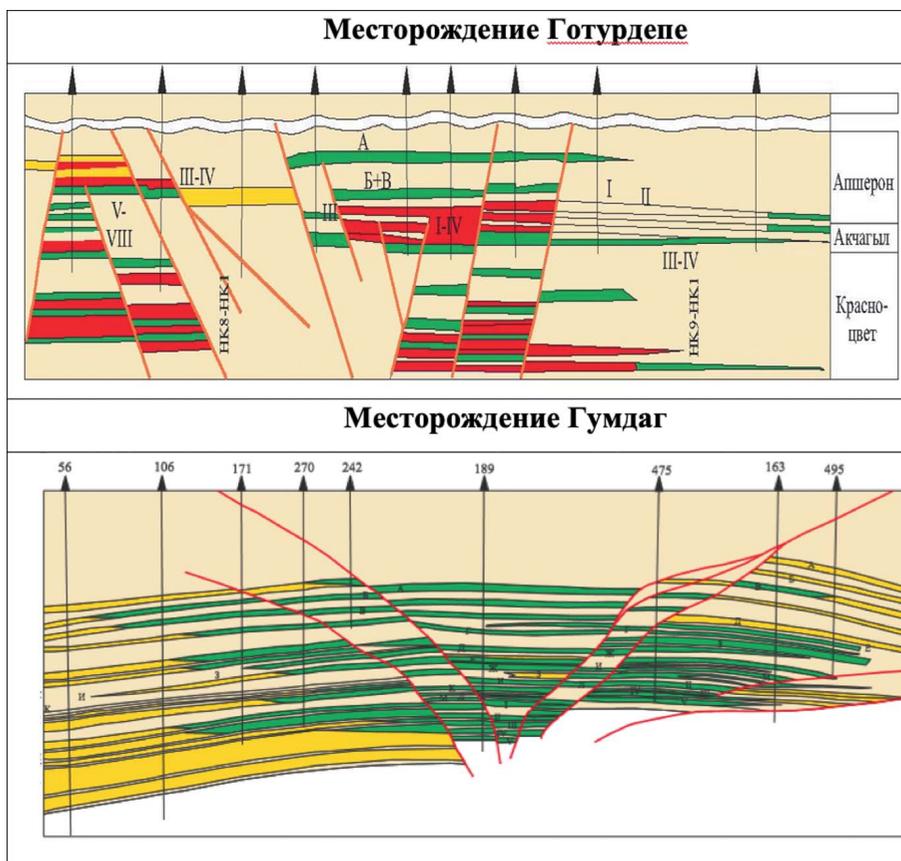


Рис. 7. Миграция газа по сбросу, профиль 98-30-85

Fig. 7. Gas migration by discharge, profile 98-30-85



**Рис. 8.** Примеры тектонически экранированных залежей нефти и газа Туркменистана  
**Fig. 8.** Examples of tectonically shielded oil and gas deposits of Turkmenistan

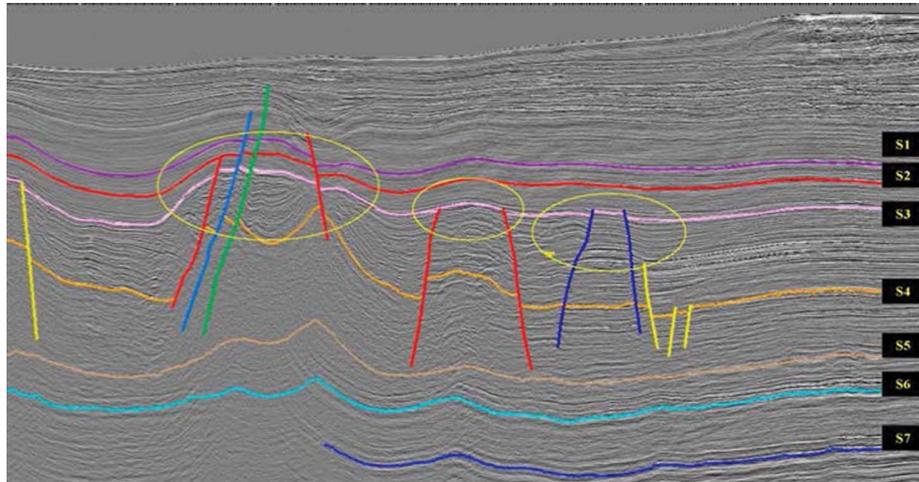
В пределах туркменского сектора Южно-Каспийского бассейна распространены стратиграфические и литологические ловушки, связанные с относительными изменениями уровня моря, вызвавшими различные седиментационные формы и палеосистемы, связанные с ПалеоАму-Дарьей [36]. Огромный потенциал имеют зоны распространения палеодельт. На ЮКб широко распространены четыре типа фациальных ассоциаций, относящихся к палеодельтам, от алювиальных песчаников разветвленных рек и конгломератов до алевролитов и аргиллитов фронтальной части дельты. Фациальные ассоциации предполагают наличие разветвленной дельты с доминированием реки, и они организованы в архитектурную систему, определяемую изменением базиса эрозии, в которой паракомплексы, группы паракомплексов и границы комплексов являются основными элементами [40]. Фациальные ассоциации и стратиграфическая архитектура обобщены в плане четырех идеализированных моделей коллекторов. Это речная, дельтовая равнина, проксимальная дельта и фронтальная часть дистальной дельты. Все четыре ассоциации

представлены на сейсмических материалах в Южно-Каспийском бассейне [13].

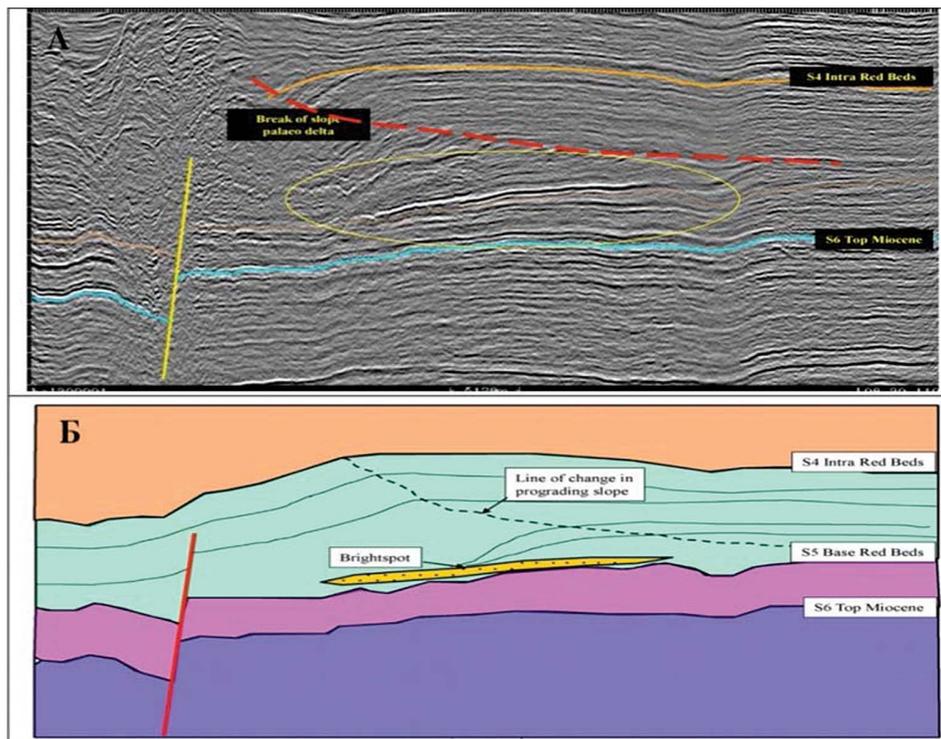
Геологические объекты, отмечаемые на сейсмике, такие как конусы выноса дна бассейна, стратиграфические выклинивания, холмистость отложений, русловые пески, являются показателями палеодельтовой системы [34]. На рисунке 10а приведен пример конуса выноса на дне бассейна ниже подошвы наступающей палеодельты, а на рисунке 10б изображена схема конуса выноса с выделенными основными признаками.

На рисунке 11а показан пример горизонтальной площадки в пределах наступающего паракомплекса. На рисунке 11б приведен пример песчаного тела / обломочного потока, отложенного со склона фронтальной части дельты. На рисунке 11в показан пример сгруппированных русел и холмистость в разрезе верхних красноцветов из западной части структуры Огурджи.

В качестве нефтегазопроискового объекта можно отметить рифовые постройки, которые, несомненно, подтверждают необходимость дальнейших исследований (рис. 12).



**Рис. 9.** Разломные структурные поднятия с амплитудными аномалиями: профиль 98-30-87  
**Fig. 9.** Fault structural uplifts with amplitude anomalies: profile 98-30-87



**Рис. 10.** Сейсмограмма (А) и схема амплитудной аномалии (Б) у подошвы палеодельты с обращенным вниз по склону концом конуса  
**Fig. 10.** Seismogram (A) and diagram of the amplitude anomaly (B) at the foot of the paleodelta with the end of the cone facing down the slope

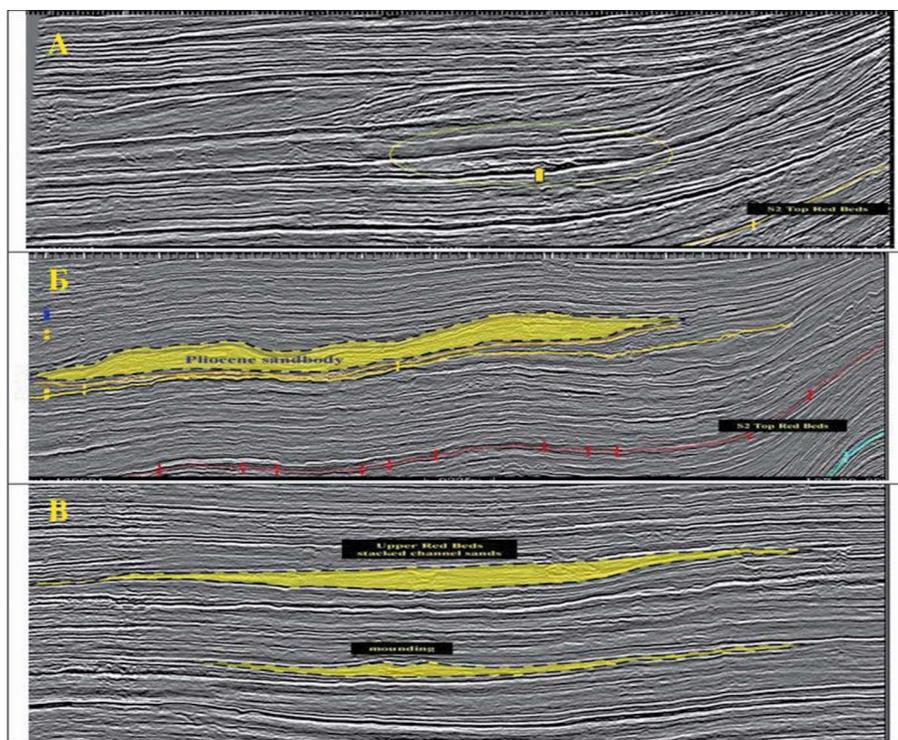
Таким образом определены перспективы нефтегазоносности и обоснованы направления поисково-разведочных работ на нефть и газ на Туркменском секторе Каспийского моря.

В результате проведенных геолого-геофизических исследований и моделирования углеводородных систем была создана карта перспектив

нефтегазоносности Туркменского сектора Каспийского моря (рис. 11), где показаны потенциально перспективные зоны, объекты и «плеи».

**Заключение**

Анализ проведенного исследования позволяет сделать следующие выводы.



**Рис. 11.** Горизонтальная площадка (А) и песчаное тело в плиоцене (Б) в проградирующем паракомплексе; сгруппированные каналы и холмистость в верхах красноцветной толщи (В) (западных крыльев структуры Огурджи)

**Fig. 11.** Horizontal platform (A) and sandy body in the Pliocene (B) in the progressing paracomplex; grouped channels and hilly terrain at the tops of the red-colored strata (B) (western wings of the Ogurji structure)

1. Совокупность общегеологических предпосылок — преимущественно иммерсионный режим тектонического развития в мезозой-антропогенном временном диапазоне в исследуемом регионе ЮКБ; весьма высокий темп осадконакопления; специфическая литофизическая композиция мезокайнозойского осадочного разреза — наличие мощных УВ-генерирующих, аккумулирующих и изолирующих толщ; значительное развитие дизъюнктивной тектоники, обеспечивающей гидродинамическую связь очагов нефтегазообразования с зонами и интервалами аккумуляции УВ и дренаж природных резервуаров — необходимое условие формирования промышленной нефтегазоносности; высокая плотность локальных структурных форм; интенсивные проявления грязевулканических процессов, способствующих мощным межформационным перетокам флюидов, определяют геологическую обстановку мезозойского и постмиоценового стратиграфических комплексов как достаточно благоприятную для формирования крупных зон нефте- и газонакопления в значительном интервале гипсометрических глубин — до 14 км.

Палеоген-миоценовый структурно-формационный этап на современном этапе геологического развития региона является основной зоной генерации жидких УВ, питающей выше и частично ниже (верхний мел) залегающие природные резервуары.

2. Зависимости пространственного размещения УВ скоплений в среднеплиоценовой КТ — основном нефтегазоаккумулирующем комплексе; последовательный рост газонасыщенности разреза в направлении регионального погружения складчатости, сопровождающийся закономерной сменой нефтяных и нефтегазовых залежей газонефтяными, нефтегазоконденсатными, газоконденсатно-нефтяными и газоконденсатными; увеличение общей газонасыщенности разреза со стратиграфической и гипсометрической глубинами; приуроченность нефтяных залежей к тектонически дислоцированным, нередко эродированным (денудированным) структурным ловушкам, часто пораженным грязевым вулканизмом, и газовых (газоконденсатных) — к ненарушенным локальным поднятиям; явно выраженная метанизация нефтей от бортовых

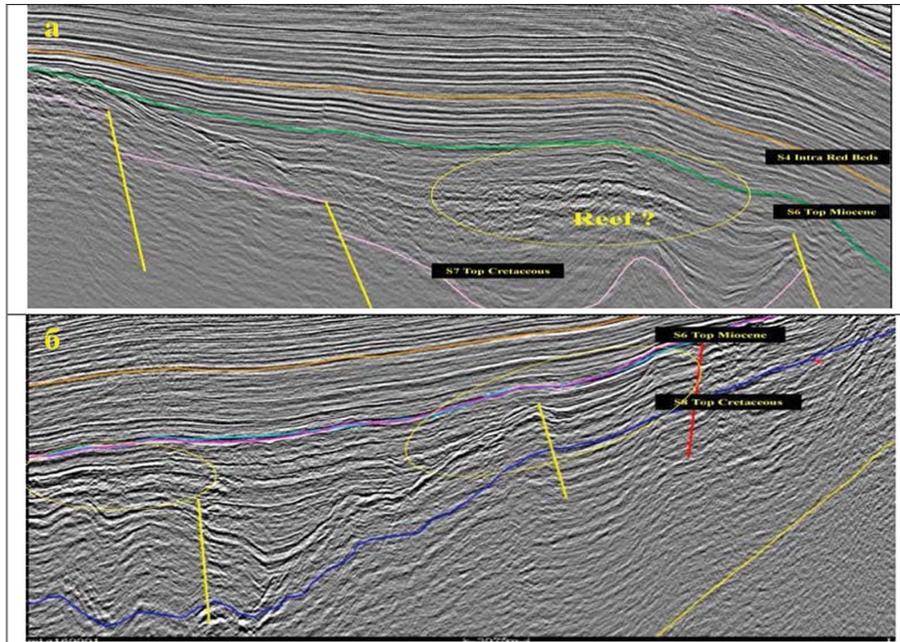


Рис. 12. Рифовые постройки на разломном поднятии, профили 96-30-79 (а) и 96-30-15 (б)  
 Fig. 12. Reef structures on the fault uplift, profiles 96-30-79 (a) and 96-30-15 (b)

обрамлений бассейна к его наиболее погруженной центральной части, сопровождающаяся уменьшением в составе газов неуглеводородных компонентов; последовательное уменьшение геохимического возраста («омолаживание») нефтей и конденсатов в том же направлении, реализованное на общем фоне: низкого исходного содержания в КТ Сорг — 0,3—0,8 кг/т; исключительно высокого темпа осадконакопления — 750—900 м/млн лет; относительно малой временной протяженности седиментации — до 8 млн лет; низкой прогретости — геотемпературный градиент 14,8—22,1 °С/км; высокой аномальности пластовых давлений — коэффициент сверхгидростатичности до 1,43 свидетельствуют о весьма малой вероятности обеспечения начальных геологических запасов и потенциальных ресурсов УВ в КТ за счет внутренних нефтегазогенерационных возможностей.

3. Результаты моделирования процессов генерации и аккумуляции УВ в осадочном разрезе, скорректированные на учет реальных зависимостей и закономерностей пространственного распределения УВ, свидетельствуют о площадной и вертикальной по разрезу эволюции очагов нефтегазообразования во времени — по направлению к центральной зоне Южного Каспия в процессы генерации последовательно вовлекаются все более молодые подразделения стратиграфического ряда мезозой-плиоцен. При этом

основным очагом генерации газовой фазы являются отложения, находящегося в зонах апокатагенеза и метакатагенеза мезозоя, жидкой — отложения палеоген-миоцена при явно подчиненном участии нижней части разреза КТ (градации МК1—МК2, частично МК3).

4. В осадочном разрезе современное фактическое положение зоны нефтеобразования реально охватывает диапазон глубин до 8—10 км, зоны генерации конденсата и жирного газа — до 12—14 км, т.е. указанные процессы осуществляются, главным образом, в подстилающих КТ отложениях, определяя явно аллохтонный характер ее УВ-насыщения.

5. Преимущественная генерация в осадочном разрезе бассейна на современном этапе его геологической истории газовой фазы УВ и высокотемпературных метана, диоксида углерода и азота, обладающих значительной десорбирующей способностью, обеспечивает весьма высокий выход РОВ из пород путем их растворения в сжатых газах и обуславливает доминирующую газоносность его глубокозалегающих отложений.

6. В результате моделирования определены условия формирования углеводородных систем на Туркменском шельфе Каспийского моря и основные ее элементы: нефтегазоматеринские толщи (НГМТ), резервуары, покрывки; выявлены перспективы нефтегазоносности,

установлены основные пространственно-временные закономерности развития процессов генерации, миграции и аккумуляции углеводородных флюидов, а также условия формирования ловушек;

7. Определены перспективы нефтегазоносности и обоснованы основные направления поисково-разведочных работ на нефть и газ на Туркменском секторе Каспийского моря. В качестве первоочередных районов для поисково-разведочных работ на нефть и газ можно выделить:

*Келькорский прогиб* — северный узкий тектонический элемент ЮКБ протяженностью 100 км при ширине ~25 км. В наиболее глубокой его части подошва КТ залегает на глубинах ниже 5400 м. К положительным предпосылкам возможной продуктивности относятся: наличие в разрезе тех же отложений КТ, что и в промышленно нефтегазоносной Прибалханской подзоне поднятий; прямые признаки присутствия УВ, полученные при бурении скважин, — в параметрической скважине

№ 19 пл. Келькор на глубине 4262—4275 м из отложений КТ был получен приток нефтегазоконденсатной смеси; нефть обнаружена в гидрогеологической скважине на пл. Аваза; получены притоки УВ в скважинах на расположенных западнее (в азербайджанском секторе) пл. Ашрафи, Гарабаг, Дан Улдузу, Нахчывани.

*Прибалханская акватория* Абшероно-Прибалханского порога протяженностью 120 км и шириной 25 км включает в себя 9 разрабатываемых месторождений. Дальнейшие перспективы связаны в основном с доразведкой эксплуатирующихся горизонтов и приращением запасов за счет нижнего отдела разреза КТ. Освоение ресурсов предполагается в ходе опосредованного 3 небольших ундуляций шарнира более крупных поднятий — пл. Шенлик на структуре б. Ливанова-центральная (Эйвазов Аллаторзы), пл. Гоша на складке б. Ливанова-восточная (Магтымгулы), пл. Ага Нейматулла на поднятии б. Губкина (Гарагол-дениз).

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамс М.А., Нариманов А.А.* Химическая оценка углеводородов и их потенциальных источников в западной части Южно-Каспийской впадины, Республика Азербайджан, Морская и нефтяная геология, 1997. С. 451—468.
2. *Адамс Т.* Каспийские углеводороды, политизация региональных трубопроводов и дестабилизация Кавказа // Кавказские региональные исследования, 2000. Т. 5, № 1—2, Кавказоведение, 2000 (columbia.edu)
3. *Аширмамедов М.* Научные прогнозы нефтегазовых перспектив Западно-Туркменской впадины и прилегающих территорий: дисс. докт. геол.-мин. наук в форме научного отчета. Институт сейсмологии Академии наук Туркменистана, 1996.
4. *Бабаян Д.А., Семенович В.В.* Новые представления о формировании месторождений нефти и газа в восточной части Южно-Каспийской впадины // Геология нефти и газа, 1996, № 6 Библиотека Дамирджана — Геология нефти и газа №1996\_06 (geolib.ru)
5. *Бабаян Д.А., Хаджинуров Н.* Отчет по проекту Разработка комплекта геолого-геофизических карт Западного Туркменистана и прилегающей территории Каспийского моря. Туркменистан, 1995.
6. *Багир-заде Ф.М., Нариманов А.А.* Геолого-геохимические особенности месторождений Каспийского моря. М. Недра, 1988. С. 206
7. *Глумов И.Ф., Маловицкий Я.П. и др.* Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. М.: Недра, 2004. С. 342
8. *Гулиев И.С., Мустаев Р.Н., Керимов В.Ю., Юдин М.Н.* Дегазация Земли: масштабы и последствия // Горный журнал, 2018, № 11, С. 38—42
9. *Гулиев И.С., Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Бондарев А.В.* Оценка генерационного потенциала сланцевых низкопроницаемых толщ (Майкопская серия Кавказа) // SOCAR Proceedings, 2018, С. 4—20
10. *Гулиев И.С., Федородов Д.Л., Кулаков С.И.* Нефтегазоносность Каспийского региона. Баку: Nafta-Press, 2009. С. 409.
11. *Дмитриева Т.П., Парпаровая Г.М.* Глубинная зональность катагенеза рассеянного органического вещества палеоген-неогеновых отложений Азербайджана // Азербайджанское нефтяное хозяйство, 1981. № 4, с. 24—28.
12. *Керимов В.Ю., Бондарев А.В., Мустаев Р.Н., Хоштария В.Н.* Оценка геологических рисков при поисках и разведке месторождений углеводородов // Нефтяное хозяйство — Нефтяная промышленность, 2017, № 8, С. 36—41.
13. *Керимов В.Ю., Осипов А.В., Мустаев Р.Н., Монакова А.С.* Моделирование углеводородных систем в регионах со сложным геологическим строением // 16-я научно-практическая конференция по геологоразведке и разработке месторождений нефти и газа. ГЕОМОДЕЛЬ, 2014, С. 8.
14. *Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Дмитриевский С.С., Яндарбиев Н.Ш., Козлова Е.В.* Перспективы поисков скоплений углеводородов в сланцевых низкопроницаемых толщах хадумской свиты Предкавказья // Нефтяное хозяйство — Нефтяная промышленность, 2015, (10), С. 50—53.
15. *Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Дмитриевский С.С., Зайцев В.А.* Оценка вторичных фильтрационных параметров низкопроницаемых сланцевых толщ майкопской свиты центрального и восточного Предкавказья по результатам геомеханического моделирования, // Нефтяное хозяйство — Нефтяная промышленность 2016, (9), 18—21.

16. Керимов В.Ю., Рачинский М.З. Геофлюидодинамика нефтегазоносности подвижных поясов. М.: Недра, 2011. С. 600.
17. Керимов В.Ю., Серикова У.С., Мустаев Р.Н., Гулиев И.С. Нефтегазоносность глубокозалегающих отложений Южно-Каспийской впадины // Нефтяное хозяйство — Нефтяная промышленность, 2014, (5), С. 50—54.
18. Керимов В.Ю., Шилов Г.Я., Мустаев Р.Н., Дмитриевский С.С. Термобарические условия формирования скопления углеводородов в сланцевых низкопроницаемых коллекторах хадумской свиты Предкавказья // Нефтяное хозяйство — Нефтяная промышленность, 2016, (2), С. 8—11.
19. Максимова С.П., Клещева К.А., Шеин В.С. Геология и геодинамика нефтегазоносных территорий Юга СССР. М: Недра, 1986. С. 232.
20. Мамесенов Н., Фадеева Н.П. Генетические предположения и условия формирования нефтяных и газовых месторождений мезозойско-кайнозойских отложений туркменского шельфа Каспийского моря // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология, № 4, М.: Московский университет, 2010. С.18—23.
21. Серикова У.С., Алланазарова М.А., Идиятуллина Э.З. Углеводородные системы Туркменского сектора Южно-Каспийского бассейна // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2022. № 64 (5). С. 24—40.
22. Шеин В.С., Клешев К.А. Новые теоретические предпосылки оценки перспектив нефтегазоносности // Обзор ВНИГНИИ, 1984.
23. Bogoyavlensky V.I., Kerimov V.Yu., Olkhovskaya O.O. Dangerous gas-saturated objects in the world ocean: The Sea of Okhotsk Нефтяное Khozaystvo — Oil Industry, 2016 (11), p. 43—47.
24. Gordadze G., Kerimov V., Giruts M., Poshibaeva A., Koshelev V. Genesis of the asphaltite of the Ivanovskoe field in the Orenburg region // Russian Fuel., 2018, № 216, P. 835—842.
25. Gordadze G.N., Kerimov V.Yu., Gaiduk A.V., Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V. Hydrocarbon biomarkers and diamondoid hydrocarbons from late Precambrian and lower Cambrian rocks of the Katanga saddle (Siberian Platform) Geochemistry International. 2017. No. 55(4). P. 360—366.
26. Kerimov V.Yu., Mustaeв R.N., Yandarbiev N.Sh., Movsumzade E.M. Environment for the Formation of Shale Oil and Gas Accumulations in Low-Permeability Sequences of the Maikop Series, Fore-Caucasus Apr. // Oriental Journal of Chemistry, 2017, 33 (2), P. 879—892.
27. Kerimov V.Yu., Lapidus A.L., Yandarbiev N.S., Movsumzade E.M., Mustaeв R.N. Physicochemical properties of shale strata in the Maikop series of Ciscaucasia // Solid Fuel Chemistry. 2017. Vo. 51(2). P. 122—130.
28. Kerimov V.Y., Mustaeв R.N., Osipov A.V. Peculiarities of Hydrocarbon Generation at Great Depths in the Crust // Doklady Earth Sciences, 2018, 483(1), 1413—1417.
29. Kerimov V.Y., Rachinsky M.Z. Geofluid dynamic concept of hydrocarbon accumulation in natural reservoirs // Doklady Earth Sciences, 2016, 471(1), 1123—1125.
30. Kerimov V., Rachinsky M., Mustaeв R., Serikova U. Geothermal conditions of hydrocarbon formation in the South Caspian basin // Iranian Journal of Earth Sciences, 2018, 10(1), 78—89.
31. Kerimov V.Y., Mustaeв R.N., Osipov A.V. Peculiarities of Hydrocarbon Generation at Great Depths in the Crust // Doklady Earth Sciences, 2018. — P. 1413—1417.
32. Kerimov V.Yu., Gorbunov A.A., Lavrenova E.A., Osipov A.V. Models of hydrocarbon systems in the Russian Platform-Ural junction zone. // Lithology and Mineral Resources, 2015, 50 (5), P. 394—406.
33. Kerimov Vagif, Rachinsky Michael, Mustaeв Rustam, Serikova Uliana. Geothermal conditions of hydrocarbon formation in the South Caspian basin. // Iranian Journal of Earth Sciences, 2018, 10 (1), P. 78—89.
34. Kerimov V.Yu., Mustaeв R.N., Osipov A.V. Peculiarities of Hydrocarbon Generation at Great Depths in the Crust. // Doklady Earth Sciences, 2018, 459 (4), P. 1—6.
35. Kerimov V.Yu., Lapidus A.L., Yandarbiev N.Sh., Mustaeв R.N. Physicochemical Properties of Shale Strata in the Maikop Series of Ciscaucasia. Mar // Solid Fuel Chemistry (English Translation of Khimiya Tverdogo Topliva), 2017, 51 (2), P. 122—130.
36. Kuznetsov N.B., Kerimov V.Yu., Osipov A.V., ... Monakova A.S. Geodynamics of the Ural Foredeep and Geomechanical Modeling of the Origin of Hydrocarbon Accumulations. // Geotectonics (English Translation of Geotektonika), 2018, 52 (3), P. 297—311.
37. Lapidus A.L., Kerimov V.Y., Mustaeв R.N., Salikhova I.M., Zhagfarov F.G. Natural Bitumens: Physicochemical Properties and Production Technologies // Solid Fuel Chemistry, 2018, 52(6), P. 344—355.
38. Lapidus A.L., Kerimov V.Yu., Mustaeв R.N., Movsumzade E.M. Caucasus Maykopian kerogenous shale sequences: Generative potential web of science // Oil Shale, 2018, 35(2), P. 113.
39. Rachinskiy M.Z., Chilingar G.V. et.al. — The South-Caspian Basin's Mineral Resource Base (1990—2005 Exploration Results and Future Potential) // Energy Sources Journal, Part.A, v.30, issue 1, 2008, P. 79—91.
40. Rachinsky M.Z., Kerimov V.Y. Fluid Dynamics of Oil and Gas Reservoirs // New Jersey; Wiley, 2015, P. 1—617.

## REFERENCES

1. Abrams M.A., Narimanov A.A. Chemical assessment of hydrocarbons and their potential sources in the western part of the South Caspian depression, Republic of Azerbaijan, Marine and petroleum Geology, 1997. pp. 451—468.
2. Adams T. Caspian hydrocarbons, politicization of regional pipelines and destabilization of the Caucasus // Caucasian Regional Studies, 2000. Vol. 5, No. 1—2,

- Кавказоведение, 2000 (columbia.edu)
3. Ashirmamedov M. Scientific forecasts of oil and gas prospects of the West Turkmen depression and adjacent territories: diss. doct. geol.-min. of sciences in the form of a scientific report. Institute of Seismology of the Academy of Sciences of Turkmenistan, 1996.
  4. Babayan D.A., Semenovich V.V. New ideas about the formation of oil and gas deposits in the eastern part of the South Caspian Depression // *Geology of Oil and Gas*, 1996, No. 6 Библиотека Дамирджана — Геология нефти и газа, №1996\_06 (geolib.ru)
  5. Bababyan D.A., Khadzhinurov N. Project report Development of a set of geological and geophysical maps of Western Turkmenistan and the adjacent territory of the Caspian Sea. Turkmenistan, 1995.
  6. Bagir-zade F.M., Narimanov A.A. Geological and geochemical features of deposits of the Caspian Sea. Moscow: Nedra, 1988. p. 206.
  7. Glumov I.F., Malovitsky Ya.P. et al. Regional geology and oil and gas potential of the Caspian Sea. Moscow: Nedra, 2004. p. 342.
  8. Guliyev I.S., Mustaev R.N., Kerimov V.Yu., Yudin M.N. Degassing of the Earth: scales and consequences // *Mining Journal*, 2018, No. 11, pp. 38—42.
  9. Guliyev I.S., Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Bondarev A.V. Assessment of the generation potential of low-permeable shale strata (Maykop series of the Caucasus) // *SOCAR Proceedings*, 2018, pp. 4—20
  10. Guliyev I.S., Fedorodov D.L., Kulakov S.I. Oil and gas potential of the Caspian region. Baku: Nafta-Press, 2009. p. 409.
  11. Dmitrieva T.P., Parparova G.M. Deep zonality of catagenesis of scattered organic matter of Paleogene-Neogene deposits of Azerbaijan // *Azerbaijan Oil Industry*, 1981. No. 4, pp. 24—28.
  12. Kerimov V.Yu., Bondarev A.V., Mustaev R.N., Khoshtaria V.N. Assessment of geological risks in the search and exploration of hydrocarbon deposits // *Oil economy — Oil industry*, 2017, No. 8, pp. 36—41.
  13. Kerimov V.Yu., Osipov A.V., Mustaev R.N., Monakova A.S. Modeling of hydrocarbon systems in regions with complex geological structure // 16th Scientific and practical conference on geological exploration and development of oil and gas fields. GEOMODEL 2014, p. 8.
  14. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Dmitrievsky S.S., Yandarbiev N.Sh., Kozlova E.V. Prospects of searching for hydrocarbon accumulations in shale low-permeable strata of the Khadum formation of the Pre-Caucasus // *Oil economy — Oil industry*, 2015, (10), pp. 50—53.
  15. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Dmitrievsky S.S., Zaitsev V.A. Evaluation of secondary filtration parameters of low-permeable shale strata of the Maikop formation of the central and eastern Precaucasia according to the results of geomechanical modeling // *Oil economy — Oil Industry* 2016, (9), 18—21.
  16. Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. Geofluidodynamics of oil and gas potential of mobile belts. Moscow: Nedra, 2011. P. 600.
  17. Kerimov V.Yu., Serikova U.S., Mustaev R.N., Guliyev I.S. Oil and gas potential of deep-lying deposits of the South Caspian depression // *Oil economy — Oil industry*, 2014, (5), pp. 50—54.
  18. Kerimov V.Yu., Shilov GYA., Mustaev R.N., Dmitrievsky S.S. Thermobaric conditions for the formation of hydrocarbon accumulation in shale low-permeable reservoirs of the Khadum formation of the Pre-Caucasus // *Oil economy — Oil industry*, 2016, (2), pp. 8—11.
  19. Maksimova S.P., Kleshcheva K.A., Shein V.S. Geology and geodynamics of oil and gas-bearing territories of the South of the USSR. Moscow: Nedra, 1986. p. 232.
  20. Mamiesenov N., Fadeeva N.P. Genetic assumptions and conditions for the formation of oil and gas deposits of Mesozoic-Cenozoic deposits of the Turkmen shelf of the Caspian Sea // *Bulletin of the Moscow University. Series 4: Geology*, No. 4, Moscow: Moscow University, 2010. pp.18—23.
  21. Serikova U.S., Allanazarova M.A., Idiyatullina E.Z. Hydrocarbon systems of the Turkmen sector of the South Caspian basin // *News of higher educational institutions. Geology and exploration*. 2022. No. 64 (5). pp. 24—40.
  22. Shein V.S., Kleshchev K.A. New theoretical prerequisites for assessing the prospects of oil and gas potential // *Review of VNIGNII*, 1984.
  23. Bogoyavlensky V.I., Kerimov V.Yu., Olkhovskaya O.O. Dangerous gas-saturated objects in the world ocean: The Sea of Okhotsk Neftyanoe Khozaystvo — *Oil Industry*, 2016 (11), p. 43—47.
  24. Gordadze G., Kerimov V., Giruts M., Poshibaeva A., Koshelev V. Genesis of the asphalt of the Ivanovskoye field in the Orenburg region // *Russian Fuel.*, 2018, No. 216, p. 835—842.
  25. Gordadze G.N., Kerimov V.Yu., Gaiduk A.V., Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V. Hydrocarbon biomarkers and diamondoid hydrocarbons from late Precambrian and lower Cambrian rocks of the Katanga saddle (Siberian Platform) *Geochemistry International*. 2017. No. 55(4). P. 360—366.
  26. Kerimov V. Yu., Mustaev R.N. Yandarbiev N.Sh., Movsumzade E.M. Environment for the Formation of Shale Oil and Gas Accumulations in Low-Permeability Sequences of the Maikop Series, *Fore-Caucasus Apr. // Oriental Journal of Chemistry*, 2017, 33 (2), P. 879—892.
  27. Kerimov V.Yu., Lapidus A.L., Yandarbiev N.S., Movsumzade E.M., Mustaev R.N. Physicochemical properties of shale strata in the Maikop series of Ciscaucasia // *Solid Fuel Chemistry*. 2017. Bo. 51(2). P. 122—130.
  28. Kerimov V.Y., Mustaev R.N., Osipov A.V. Peculiarities of Hydrocarbon Generation at Great Depths in the Crust // *Doklady Earth Sciences*, 2018, 483(1), 1413—1417.
  29. Kerimov V.Y., Rachinsky M.Z. Geofluid dynamic concept of hydrocarbon accumulation in natural reservoirs // *Doklady Earth Sciences*, 2016, 471(1), 1123—1125.
  30. Kerimov V., Rachinsky M., Mustaev R., Serikova U. Geothermal conditions of hydrocarbon formation in

- the South Caspian basin // Iranian Journal of Earth Sciences, 2018, 10(1), 78—89.
31. Kerimov V.Y., Mustaev R.N., Osipov A.V. Peculiarities of Hydrocarbon Generation at Great Depths in the Crust // Doklady Earth Sciences, 2018. — P. 1413—1417.
  32. Kerimov V.Yu., Gorbunov A.A., Lavrenova E.A., Osipov A.V. Models of hydrocarbon systems in the Russian Platform-Ural junction zone. // Lithology and Mineral Resources, 2015, 50 (5), P. 394—406.
  33. Kerimov Vagif, Rachinsky Michael, Mustaev Rustam, Serikova Uliana. Geothermal conditions of hydrocarbon formation in the South Caspian basin. // Iranian Journal of Earth Sciences, 2018, 10 (1), P. 78—89.
  34. Kerimov V.Yu., Mustaev, R.N., Osipov, A. V. Peculiarities of Hydrocarbon Generation at Great Depths in the Crust. // Doklady Earth Sciences, 2018, 459 (4), P. 1—6.
  35. Kerimov V.Yu., Lapidus A.L., Yandarbiev N.Sh, Mustaev R.N. Physicochemical Properties of Shale Strata in the Maikop Series of Ciscaucasia.Mar // Solid Fuel Chemistry (English Translation of Khimiya Tverdogo Topлива), 2017, 51 (2), P. 122—130.
  36. Kuznetsov N.B., Kerimov V.Yu., Osipov A.V., ... Monakova A.S. Geodynamics of the Ural Foredeep and Geomechanical Modeling of the Origin of Hydrocarbon Accumulations. // Geotectonics (English Translation of Geotektonika), 2018, 52 (3), P. 297—311.
  37. Lapidus A.L., Kerimov V.Y., Mustaev R.N., Salikhova I.M., Zhagfarov F.G. Natural Bitumens: Physicochemical Properties and Production Technologies // Solid Fuel Chemistry, 2018, 52(6), P. 344—355.
  38. Lapidus A.L., Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Movsumzade E.M. Caucasus Maykopian kerogenous shale sequences: Generative potential web of science // Oil Shale, 2018, 35(2), P. 113.
  39. Rachinskiy M.Z., Chilingar G.V. et.al. The South-Caspian Basin's Mineral Resource Base (1990—2005 Exploration Results and Future Potential) // Energy Sources Journal, Part.A, v.30, issue 1, 2008, P. 79—91.
  40. Rachinsky, M.Z., Kerimov, V.Y. Fluid Dynamics of Oil and Gas Reservoirs // New Jersey; Wiley, 2015, P. 1—617.

### ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Серикова У.С. — разработала концепцию статьи, подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Алланазарова М.А. — внесла вклад в работу при построении и моделировании структурно-тектонической модели и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Ulyana S. Serikova — developed the concept of the article, prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

Mehriban A. Allanazarova — contributed to the work in the construction and modeling of the structural-tectonic model and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Серикова Ульяна Сергеевна** — кандидат технических наук, доцент кафедры геологии и разведки месторождений углеводородов ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., Москва 117997, Россия

e-mail: [lubava45@gmail.com](mailto:lubava45@gmail.com)

тел.: +7 (965) 429-39-79

SPIN-код: 9363-4064

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5981-5202>

**Uliana S. Serikova** — Cand. of Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Geology and Exploration of Hydrocarbon Deposits, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

e-mail: [lubava45@gmail.com](mailto:lubava45@gmail.com)

tel.: +7 (965) 429-39-79

SPIN-code: 9363-4064

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5981-5202>

**Алланазарова Мехрибан Айдыновна\*** — аспирант 2 курса кафедры геологии и разведки месторождений углеводородов ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., Москва 117997, Россия

e-mail: [mehrik\\_allanazarova@mail.ru](mailto:mehrik_allanazarova@mail.ru)

тел.: +7 (968) 385-97-91

SPIN-код: 9360-8406

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3450-2714>

**Mehriban A. Allanazarova\*** — postgraduate student of the Department of Geology and Exploration of Hydrocarbon Deposits, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

e-mail: [mehrik\\_allanazarova@mail.ru](mailto:mehrik_allanazarova@mail.ru)

tel.: +7 (968) 385-97-91

SPIN-code: 9360-8406

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3450-2714>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



## ОПТИМАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС И НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ГРР В АКВАТОРИИ ОХОТСКОГО МОРЯ

А.К. ШАТЫРОВ

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»  
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Рассматривается оптимальный комплекс и направления дальнейших геолого-разведочных работ в акватории Охотского моря. Все рекомендованные для лицензирования перспективные площади занимают значительные территории и требуют поэтапного доизучения, в том числе на региональном и зональном уровнях.

**Цель.** Получение новой полноценной информации путем региональных геофизических исследований с целью оценки новых перспективных участков Охотского моря.

**Материалы и методы.** Систематизация данных и статистическое обобщение, частичное заимствование материалов из промысловых данных, справочной литературы и опубликованных материалов.

**Результаты.** В результате исследований даются рекомендации для снижения геологических рисков, оценка перспективных участков, сравнительная характеристика ресурсных оценок района исследований. Значительный потенциал акватории Охотского моря может быть связан с нижним (эоценовым) структурным этажом. Однако эти оценки опираются на обнадеживающую, но далеко не полную геохимическую информацию о потенциале нефтегазоматеринской толщи (НГМТ).

**Заключение.** Необходимо провести ревизию существующих сейсморазведочных данных с точки зрения вертикальной разрешенности и установить актуальную сейсмическую изученность. С учетом этой информации спроектировать и выполнить дополнительные объемы 2D-сейсморазведки, достаточные для решения поставленных геологических задач, основной из которых является построение детального структурного каркаса осадочного чехла. Второй по значимости геологической задачей является масштабное изучение геохимических свойств органического вещества пород эоценовой части разреза (в обнажениях, скважинах), установление изменения этих свойств в зависимости от палеогеографической обстановки для более корректной их экстраполяции в акваториальную область.

**Ключевые слова:** перспективный участок, ГАУС, углеводород, НГМТ

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Шатыров А.К. Оптимальный комплекс и направления дальнейших ГРР в акватории Охотского моря. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка.* 2023;65(5):52—58. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-52-58>

Статья поступила в редакцию 22.06.23

Принята к публикации 01.10.23

Опубликована 31.10.2023

# OPTIMAL SET OF GEOLOGICAL EXPLORATION WORKS AND DEVELOPMENT DIRECTIONS IN THE SEA OF OKHOTSK

ANAR K. SHATYROV

*Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting  
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

## ABSTRACT

**Background.** The optimal complex and directions of further geological exploration in the waters of the Sea of Okhotsk are considered. All the promising areas recommended for licensing occupy significant territories and require a step-by-step study, including at the regional and zonal levels.

**Aim.** Obtaining new full-fledged information through regional geophysical surveys in order to assess new promising areas of the Sea of Okhotsk.

**Materials and methods.** Systematization of data and statistical generalization, partial borrowing of materials from field data, reference literature and published materials.

**Results.** As a result of the research, recommendations are given to reduce geological risks, assessment of promising sites, comparative characteristics of resource assessments of the research area. The significant potential of the Okhotsk Sea area may be associated with the lower (Eocene) structural floor. However, these estimates are based on encouraging, but far from complete geochemical information about the potential of the oil and gas mother strata.

**Conclusion.** It is necessary to carry out an audit of the existing seismic data from the point of view of vertical resolution and establish the current seismic study. Taking into account this information, design and perform additional volumes of 2D seismic exploration sufficient to solve the set geological tasks, the main of which is the construction of a detailed structural framework of the sedimentary cover. The second most important geological task is a large-scale study of the geochemical properties of the organic matter of the rocks of the Eocene part of the section (in outcrops, wells), establishing changes in these properties depending on the paleogeographic situation for their more correct extrapolation to the water area.

**Keywords:** promising site, GAHS, hydrocarbon, oil and gas mother stratum

**Conflict of interest:** the author declares no conflict of interest.

**Financial disclosure:** no financial support was provided for this study.

**For citation:** Shatyrov A.K. Optimal set of geological exploration works and development directions in the Sea of Okhotsk. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(5):52—58. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-52-58>

*Manuscript received 22 June 2023*

*Accepted 01 October 2023*

*Published 31 October 2023*

Для снижения геологических рисков рекомендуется:

- выполнение региональных геофизических исследований в центральной части Охотского моря с целью получения новой, более полноценной информации о геологическом строении области Центрально-Охотских поднятий и прогибов и оценки их перспектив на поиски углеводородов (УВ);
- изучение и поиски ловушек трещинного типа и их емкостных свойств. Для этого необходима разработка методики их поиска и прогноза их фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) на основе современных методов математического анализа

волновых полей, использования материалов детального изучения потенциальных полей;

- изучение на основе седиментационного, сейсмофациального моделирования и прогноза, и прочих методик, поровых коллекторов в синклинальных и бортовых зонах нефтегазоносных осадочных бассейнов возможных типов ловушек;
- изучение процессов литификации / вторичных преобразований силицитовых толщ, широко представленных во всех бассейнах Охотского моря (только в Северо-Сахалинском нефтегазоносном районе (НГР) они разбавлены терригенными отложениями палеодолины реки

## ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ / GEOLOGY AND PROSPECTING FOR HYDROCARBON RESERVES

Амур) с целью определения их роли в формировании ловушек трещинного типа в зонах перехода опал СТ-Q (кварц) [6].

Перспективный участок «Тинро» площадью около 40 тыс. кв. км расположен на юго-западном борту одноименного прогиба в пределах областей аккумуляции изученных генерационно-аккумуляционных углеводородных систем (ГАУС) и принадлежит Тинровской промышленной нефтегазовой области (ПНГО) (рис. 1). В осадочном чехле прогнозируются четыре перспективных комплекса: эоценовый, олигоцен-нижнемиоценовый, нижне-среднемиоценовый и средне-верхнемиоценовый. Наиболее перспективными являются эоценовые и средне-верхнемиоценовые отложения. Общие начальные прогнозные ресурсы площади могут составить около 4,5 млрд т услов-

ного топлива (УТ). В фазовом составе прогнозируемых скоплений преобладают жидкие углеводороды. Залежи прогнозируются на глубинах от 1500 до 3500 км [2].

Перспективный участок «Дерюгинский» площадью около 96 тыс. кв. км охватывает практически весь Дерюгинский прогиб, формирующий Дерюгинскую ПНГО (см. рисунок 1). Осадочный чехол в пределах участка может содержать значительный ресурсный потенциал — почти 8.5 млрд т УТ. Половина этого объема, как показывают проведенные исследования, сосредоточена в эоценовых отложениях на значительных глубинах: от 3 до 4 км. Хорошие перспективы ожидаются также в двух верхних структурных этажах: нижне-среднемиоценовом и средне-верхнемиоценовом (табл. 1). В средне-верхнемиоценовых отложениях залежи

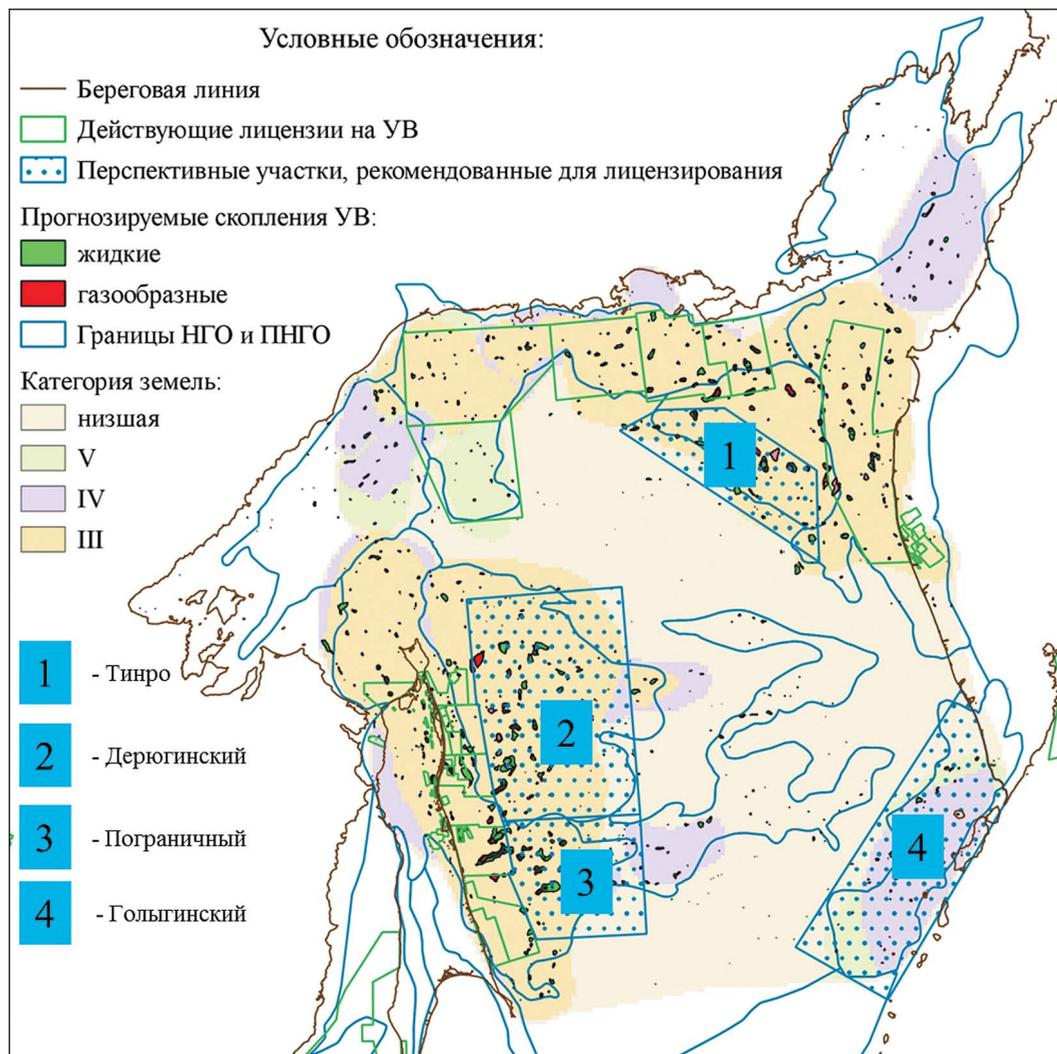


Рис. 1. Схема расположения перспективных участков Охотского моря  
Fig. 1. Layout of promising areas of the Sea of Okhotsk

Таблица 1. Характеристика перспективных участков Охотского моря  
Table 1. Characteristics of promising areas of the Sea of Okhotsk

Перспективный участок	Площадь, кв. км	Начальные геологические ресурсы, млн т УТ				Итого
		Эоценовый	Олигоцен-нижне-миоценовый	Нижне-средне-миоценовый	Средне-верхне-миоценовый	
Тинро	39 367	2135	876	610	981	4601
Дерюгинский	96 385	4368	903	1424	1728	8424
Пограничный	43 202	3279	264	367	0	3909
Голыгинский	77 896	1063	196	0	0	1259

углеводородов прогнозируются на более привлекательных глубинах: от 3 до 2 км. В составе прогнозируемых скоплений УВ, как ожидается, будет преобладать жидкая фаза [7].

«Пограничный» участок площадью около 43 тыс. кв. км расположен в восточной бортовой части Пограничного прогиба и принадлежит Северо-Сахалинской НГО. В пределах участка, в отличие от описанных, прогнозируется три перспективных комплекса: эоценовый, олигоцен-нижнемиоценовый и средне-верхнемиоценовый. Основной ресурсный потенциал, около 3 млрд т УТ, сосредоточен в эоценовой части разреза (табл. 1), где скопления преимущественно жидких УВ ожидаются на глубинах 2—3 км [1].

«Голыгинский» перспективный участок занимает площадь почти 78 тыс. кв. км, расположен в пределах одноименных прогиба и ПНГО. По степени перспективности земель участок уступает остальным, рекомендованным для лицензирования. Однако эта область акватории наименее изучена, и, возможно, после доизучения его перспективы будут выше. В соответствии с текущей оценкой в пределах площади прогнозируется 1,2 млрд т УТ, которые могут быть сосредоточены в нижнем (эоценовом) перспективном комплексе на глубинах 2—3 км. В составе скоплений преобладают жидкие УВ [5].

Все рекомендованные для лицензирования перспективные площади занимают значительные территории и требуют поэтапного доизучения, в том числе на региональном и зональном уровнях [8].

На первом этапе необходимо провести ревизию существующих сейсморазведочных данных с точки зрения вертикальной разрешенности и установить, таким образом, актуальную сейсмическую изученность. С учетом этой информации спроектировать и выполнить дополнительные объемы 2D-сейсморазведки, достаточные для решения поставленных геологических задач, основной из которых является построение детального структурного

каркаса осадочного чехла. Детальная структурная модель необходима для тщательной реконструкции эволюции осадочного бассейна, выявления и учета всех поверхностей несогласия и тектонических событий, влияющих на образование и переформирование залежей. На основе детальной модели необходимо выполнить сиквенстратиграфический анализ, палеогеографические реконструкции с целью более обоснованного прогноза вещественного состава отложений [3].

Результаты выполненного нефтегазогеологического исследования показали, что значительный потенциал акватории может быть связан с нижним (эоценовым) структурным этажом. Однако эти оценки опираются на обнадеживающую, но далеко не полную геохимическую информацию о потенциале нефтегазоматеринской толщи (НГМТ). Поэтому второй по значимости геологической задачей, которую необходимо решить, является масштабное изучение геохимических свойств органического вещества пород эоценовой части разреза (в обнажениях, скважинах), установление изменения этих свойств в зависимости от палеогеографической обстановки для более корректной их экстраполяции в акваториальную область [9].

С учетом полученной информации необходима актуализация бассейновой модели и моделей углеводородных систем с детализацией в пределах перспективных участков, переоценка геологических рисков и выделение площадей для выполнения 3D-сейсморазведки [11].

Последняя оценка углеводородного потенциала выполнена авторами текущего проекта в рамках Государственного контракта в 2014 г. Сравнительная характеристика наиболее современных ресурсных оценок приведена в таблице 2.

Оценки сильно отличаются у разных авторов. Например, по данным Союзморгео (Сенин. 2010 ф.) на 01.01.2010 оценка составляет 6,6 млрд т н.э., а оценка ВНИГНИ (Лождевская 2012 ф.) на 01.01.2009 составляет 14,1 млрд т н.э. [12].

## ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ / GEOLOGY AND PROSPECTING FOR HYDROCARBON RESERVES

**Таблица 2.** Сравнительная характеристика ресурсных оценок шельфов Охотского моря  
**Table 2.** Comparative characteristics of resource estimates of the shelves of the Sea of Okhotsk

Район Охотского моря	Шельфы					Вся акватория	
	Оценка 1993 года, млрд т н.э.	Оценка 2003 года, млрд т н.э.	Оценка на 01.01.2008 года, млрд т н.э.	Оценка на 01.01.2010 года, млрд т н.э.	Оценка 2014 г. шельфы млрд т н.э.	Оценка на 01.01.2009 года, млрд т н.э.	Оценка 2014 г, ак- ватория, млрд т н.э.
Северный и Кам- чатский шельфы	2,11÷3,45	1,97÷3,56	1,7	-	$\frac{1,14 \div 2,07}{2,18}$	-	-
Сахалинский шельф	н.д.	0,74÷1,90	3,6	-	$\frac{0,44 \div 0,79}{1,78}$	-	-
<b>Всего</b>	н.д.	<b>2,71÷5,46</b>	<b>5,3</b>	<b>6,6</b>	$\frac{1,58 \div 2,86}{3,96}$	<b>14,1</b>	<b>5,7</b>

В числителе — минимальные и максимальные значения локализованных ресурсов с учетом моделирования, в знаменателе — результаты бассейнового моделирования (объемно-генетический метод).

Следует учитывать, что ранее выполнялись оценки локализованных ресурсов с применением метода аналогий. Антиклинальные объекты, участвующие в оценке, как правило, одни и те же — состоящие на учете ВНИГНИ. Они, в подавляющем большинстве, сосредоточены в пределах шельфов (Сахалинского, Камчатского, Магаданского...), т.е. в наиболее изученных областях акватории. Различия обусловлены различными подсчетными параметрами, принятыми авторами оценок [10].

Оценка, выполненная в 2014 г., отличается от предыдущих, т.к. локализованные ресурсы и подсчетные параметры оценивались с учетом результатов моделирования. При выполнении локализованной оценки учитывался возраст ловушки (принадлежность структурному этажу), принадлежность к очагу генерации, а также прогноз заполнения перспективного объекта по результатам моделирования. Также были рассмотрены несколько сценариев. Расчеты были сделаны отдельно для шельфов и для всей акватории в целом. Параллельно была выполнена оценка объемно-генетическим методом для двух структурных этажей. Из таблицы видно, что объемно-генетический метод

дает более высокие значения по сравнению с локализованной оценкой. Разница в значениях показывает, какой дополнительный потенциал можно ожидать в регионе за счет поиска дополнительных объектов, например в ловушках неантиклинального типа [4].

На региональной стадии моделирования применение объемно-генетического метода является более корректным, т.к. позволяет оценивать территории в условиях слабой и/или различной сейсмической изученности, когда выявлены далеко не все перспективные объекты [14].

В рамках настоящего проекта структурный каркас был детализирован. Выполнены уточняющие палеогеографические реконструкции. Это позволило спрогнозировать потенциальные НГМТ не на 2, как ранее, а на 4 стратиграфических уровнях. Соответственно, были выделены и оценены дополнительные очаги генерации УВ. Это привело к увеличению потенциала в целом и позволило более качественно сравнивать отдельные области Охотского моря между собой, выявить наиболее перспективные из них, требующие дальнейшего дополнительного изучения, в том числе локализации перспективных объектов. Дополнительные геохимические исследования нацелены на уточнение генерационных свойств потенциальных НГМТ, которые определяют начальный углеводородный потенциал очагов ГАУС [13].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарев А.В., Керимов В.Ю., Сизиков Е.А., Синявская О.С. Условия формирования ловушек нефти и газа в палеоген-неогеновом комплексе Присахалинского шельфа // Нефть, газ и бизнес. 2016. № 2. С. 50—54.
2. Керимов В.Ю., Бондарев А.В., Сизиков Е.А. и др. Условия формирования и эволюция углеводородных систем на Присахалинском шельфе Охотского моря // Нефтяное хозяйство. 2015. № 8. С. 22—27.

3. Керимов В.Ю., Кислер Д.А., Шатыров А.К., Идиятуллина Э.З. Палеотектонические и палеогеографические критерии прогнозирования скоплений углеводородов в акватории Присахалинского шельфа. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2022. №6. С. 8—21.
4. Керимов В.Ю., Лавренова Е.А., Сinyaевская О.С., Сизиков Е.А. Оценка углеводородного потенциала генерационно-аккумуляционных углеводородных систем Охотского моря // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. 2015. № 3(280). С. 18—30.
5. Керимов В.Ю., Сизиков Е.А., Сinyaевская О.С., Макарова А.Ю. Условия формирования и поиски залежей УВ в турбидитовых коллекторах Охотского моря // Нефть, газ и бизнес. 2015. № 2. С. 32—37.
6. Сизиков Е.А. Основные этапы геодинамической эволюции кайнозойского осадочного чехла северо-восточной части присахалинского шельфа // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. 2016. № 3(284). С. 83—93.
7. Суслов А.А., Серов С.Г. Изучение генерационно-аккумуляционных углеводородных систем Южно-Татарского прогиба // Новые идеи в науках о Земле: Мат-лы XIV Международ. науч.-практ. конф.: в 7 т., Москва, 2—5 апреля 2019 года. Т. 5. М.: Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (филиал), 2019. С. 268—271.
8. Шатыров А.К. Особенности распределения аномальных пластовых давлений в акватории Присахалинского шельфа. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2022. №5. С. 41—53.
9. Guliyev S., Mustaev R.N., Kerimov V.Yu., Yudin M.N. Degassing of the Earth: Scale and implications // GEOLOGY OF MINERAL DEPOSITS. St. Petersburg: Mining Journal, 2018. P. 38—42.
10. Kerimov V.Yu., Bondareva A.V., Mustaev R.N. Estimation of geological risks in searching and exploration of hydrocarbon deposits // Moscow: Neftyanoe Khozyaystvo — Oil Industry, 2017. P. 36—41.
11. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Osipov A.V. Peculiarities of Hydrocarbon Generation at Great Depths in the Crust. Report Earth Sciences. 2018. No. 483(1). P. 1413—1417.
12. Kerimov V.Yu., Osipov A.V., Mustaev R.N., Monakova A.S. Modeling of petroleum systems in regions with complex geological structure. 16th Science and Applied Research Conference on Oil and Gas Geological Exploration and Development, GEOMODEL-2014, 2014. P. 201.
13. Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. Geofluid dynamic concept of hydrocarbon accumulation in natural reservoirs // Report Earth Sciences. 2016. No. 471(1). P. 1123—1125.
14. Lapidus A.L., Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Salikhova I.M., Zhagfarov F.G. Natural Bitumens: Physicochemical Properties and Production Technologies // Solid Fuel Chemistry. 2019. No. 52(6). P. 344—355.

## REFERENCES

1. Bondarev A.V., Kerimov V.Yu., Sizikov E.A., Sinyavskaya O.S. Conditions for the formation of oil and gas traps in the Paleogene-Neogene complex of the Sakhalin shelf // Oil, gas and business. 2016. No. 2. P. 50—54. (In Russian).
2. Kerimov V.Yu., Bondarev A.V., Sizikov E.A., et al. Conditions of formation and evolution of hydrocarbon systems on the Sakhalin shelf of the Sea of Okhotsk // Oil economy. 2015. No. 8. P. 22—27. (In Russian).
3. Kerimov V.Yu., Kisler D.A., Shatyrov A.K., Idiyatullina E.Z. Paleotectonic and paleogeographic criteria for forecasting hydrocarbon accumulations in the water area of the Sakhalin shelf. Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration. 2022. No 6. P. 8—21. (In Russian).
4. Kerimov V.Yu., Sizikov E.A., Sinyavskaya O.S., Makarova A.Yu. Conditions of formation and search for hydrocarbon deposits in turbidite reservoirs of the Sea of Okhotsk // Oil, gas and business. 2015. No. 2. P. 32—37. (In Russian).
5. Kerimov V.Yu., Lavrenova E.A., Sinyavskaya O.S., Sizikov E.A. Assessment of the hydrocarbon potential of generation and accumulation hydrocarbon systems of the Sea of Okhotsk // Proceedings of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas. 2015. No. 3(280). P. 18—30. (In Russian).
6. Sizikov E.A. The main stages of geodynamic evolution of the Cenozoic sedimentary cover of the northeastern part of the Prisaakhalinsky shelf // Proceedings of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas. 2016. No. 3(284). P. 83—93. (In Russian).
7. Suslov A.A., Serov S.G. The study of generation-accumulative hydrocarbon systems of the South Tatar trough // New ideas in Earth sciences: Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference: in 7 volumes, Moscow, 2—5 April 2019. Vol. 5. Moscow: Russian State Geological Exploration University named after Sergo Ordzhonikidze (branch), 2019. P. 268—271. (In Russian).
8. Shatyrov A.K. Distribution characteristics of abnormal formation pressures in the aquatic area of the Sakhalin shelf. Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration. 2022. No 5. P. 41—53. (In Russian).
9. Guliyev S., Mustaev R.N., Kerimov V.Yu., Yudin M.N. Degassing of the Earth: Scale and implications // Geology of Mineral Deposits. St. Petersburg: Mining Journal, 2018. P. 38—42.
10. Kerimov V.Yu., Bondareva A.V., Mustaev R.N. Estimation of geological risks in searching and exploration of hydrocarbon deposits // Moscow: Neftyanoe Khozyaystvo — Oil Industry, 2017. P. 36—41.

## ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ / GEOLOGY AND PROSPECTING FOR HYDROCARBON RESERVES

11. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Osipov A.V. Peculiarities of Hydrocarbon Generation at Great Depths in the Crust. Report Earth Sciences. 2018. No. 483(1). P. 1413—1417.
12. Kerimov V.Yu., Osipov A.V., Mustaev R.N., Monakova A.S. Modeling of petroleum systems in regions with complex geological structure. 16th Science and Applied Research Conference on Oil and Gas Geological Exploration and Development, GEOMODEL-2014, 2014. P. 201.
13. Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. Geofluid dynamic concept of hydrocarbon accumulation in natural reservoirs // Report Earth Sciences. 2016. No. 471(1). P. 1123—1125.
14. Lapidus A.L., Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Salikhova I.M., Zhagfarov F.G. Natural Bitumens: Physicochemical Properties and Production Technologies // Solid Fuel Chemistry. 2019. No. 52(6). P. 344—355.

### ВКЛАД АВТОРА / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Шатыров А.К. — разработал концепцию статьи, подготовил текст статьи, построение и моделирование, выполнил перевод на английский язык, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Shatyrov A.K. — developed the concept of the article, prepared the text of the article, contributed to the work during construction and modeling, translated into English, finally approved the published version of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Шатыров Анар Камандарович** — инженер лаборатории «Моделирование углеводородных систем» ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».  
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия  
e-mail: [anar.shatyrov@mail.ru](mailto:anar.shatyrov@mail.ru)  
тел.: +7 (926) 142-77-63  
SPIN-код: 5794-0287  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3450-5325>

**Anar K. Shatyrov** — engineer of the Laboratory “Modeling of Hydrocarbon Systems” of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.  
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia  
e-mail: [anar.shatyrov@mail.ru](mailto:anar.shatyrov@mail.ru)  
tel.: +7 (926) 142-77-63  
SPIN-code: 5794-0287  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3450-5325>



<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-59-71>  
УДК 549: 553.5 (470.64)



## ЮВЕЛИРНО-ПОДЕЛОЧНЫЕ КОНКРЕЦИИ С ФОССИЛИЯМИ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ, ГЕМОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Д.А. ПЕТРОЧЕНКОВ<sup>1,\*</sup>, Е.Ю. БАРАБОШКИН<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»  
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
1, Ленинские горы, г. Москва 119991, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** В последние десятилетия в России в качестве ювелирно-поделочного материала, наряду с аммонитами и септариями, используются конкреции с фоссилиями. Эти конкреции характеризуются широким диапазоном размеров, положительными декоративными и технологическими характеристиками, что позволяет изготавливать разнообразный ассортимент интерьерных и ювелирных изделий. Сбор и обработка конкреций с фоссилиями осуществлялись в Ульяновской области. В настоящее время аналогичные конкреции встречаются и в Кабардино-Балкарской Республике, результаты их изучения впервые приводятся в статье.

**Цель** — установление стратиграфического положения, минерального состава, декоративных и технологических характеристик конкреций с фоссилиями ювелирно-поделочного качества Кабардино-Балкарской Республики.

**Материалы и методы.** Авторами были изучены места сбора конкреций с фоссилиями, их стратиграфическое положение, отобраны образцы (15), характеризующие основные декоративные и технологические типы. Из конкреций изготовлены интерьерные и ювелирные изделия, изучены типичные образцы. Комплекс исследований включал определение люминесценции (8 образцов), микротвердости (8 определений), плотности (6 определений), оптико-петрографический анализ (3 шлифа), количественное определение минерального и химического состава (2 пробы), электронно-зондовые исследования (2 образца).

**Результаты.** Конкреции с фоссилиями коммерческого качества связаны с отложениями нижнего апта и представляют собой плотный мергель с большим количеством раковин преимущественно аммонитов и в меньшей степени двустворок. Их состав (мас.%): кальцит — 64,0, кварц — 18,7, микроклин — 7,4, иллит — 5,6, смектит — 2,7, каолинит — 1,0, стронцианит — 0,5, пирит, апатит, альбит, ильменит, гётит — следы. Из элементов-примесей фиксируются содержание Sr — 0,0402 мас.%.

**Заключение.** Установлены впервые минеральный и химический (включая микровключения и элементы-примеси) состав конкреций с фоссилиями ювелирно-поделочного качества; факторы, определяющие декоративные и технологические характеристики, показана возможность изготовления широкого ассортимента изделий, включая ювелирные. Сбор конкреций может производиться попутно с аммонитами и септариями в долинах рек без горных выработок, что не требует значительных материальных затрат и не нарушает экологию среды.

**Ключевые слова:** конкреции, септарии, аммониты, отложения апта, ювелирно-поделочные материалы, Кабардино-Балкарской Республика

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** Работа выполнена в рамках тематического госзадания МГУ имени М.В. Ломоносова, с использованием оборудования, приобретенного по Программе развития МГУ имени М.В. Ломоносова.

**Для цитирования:** Петроченков Д.А., Барабошкин Е.Ю. Ювелирно-поделочные конкреции с фоссилиями Кабардино-Балкарской Республики. Минеральный состав, геммологические характеристики. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2023;65(5):59—71. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-59-71>

Статья поступила в редакцию 10.08.23

Принята к публикации 24.10.2023

Опубликована 31.10.2023

\* Автор, ответственный за переписку

## JEWELRY AND ORNAMENTAL CONCRETIONS WITH FOSSILS OF THE REPUBLIC OF KABARDINO-BALKARIA. MINERAL COMPOSITION, GEMOLOGICAL CHARACTERISTICS

DMITRY A. PETROCHENKOV<sup>1,\*</sup>, EVGENY YU. BARABOSHKIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting  
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

<sup>2</sup> *Lomonosov Moscow State University  
1, Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia*

### ABSTRACT

**Background.** Along with ammonites and septaries, concretions with fossils are increasingly being used as jewelry and ornamental materials in Russia. Such concretions are characterized by a wide range of sizes, as well as high decorative and technological properties, making them attractive materials for manufacturing diverse interior and jewelry products. The collection and processing of concretions with fossils was previously carried out in the Ulyanovsk region. In this paper, similar concretions found in the Republic of Kabardino-Balkaria are studied for the first time.

**Aim.** To establish the stratigraphic position, mineral composition, and decorative and technological characteristics of concretions with fossils of jewelry and ornamental quality found in the Republic of Kabardino-Balkaria.

**Materials and methods.** The collection sites of concretions with fossils and their stratigraphic position were studied. In total, 15 samples characterizing the main decorative and technological types were selected. Interior and jewelry items were manufactured from the concretions; typical samples were studied. A set of studies included the determination of luminescence (8 samples), microhardness (8 cycles), density (6 cycles), optical-petrographic analysis (3 sections), quantitative determination of mineral and chemical composition (2 samples), electron probe studies (2 samples).

**Results.** Concretions with fossils of commercial quality are associated with lower Aptian deposits, representing marlstone with a large number of shells, mainly ammonites, and, to a lesser extent, bivalves. These comprise (wt %): calcite — 64.0, quartz — 18.7, microcline — 7.4, illite — 5.6, smectite — 2.7, kaolinite — 1.0, strontianite — 0.5, as well as traces of pyrite, apatite, albite, ilmenite, and goethite. Among the impurity elements, Sr in the amount of 0.0402 wt % is recorded.

**Conclusions.** For the first time, the mineral and chemical (including micro-inclusions and impurity elements) composition of concretions with fossils of jewelry and ornamental quality are established. Factors determining their decorative and technological characteristics are identified. The possibility of using concretions with fossils for manufacturing a wide range of products, including jewelry, is shown. Concretions can be collected simultaneously with ammonites and septaries in river valleys without mining, thereby involving minimal costs and having no negative effect on the environment.

**Keywords:** concretions, septaries, ammonites, Aptian deposits, jewelry and ornamental materials, Republic of Kabardino-Balkaria

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Financial disclosures:** The work was carried out within the frame of the State theme of the M.V. Lomonosov Moscow State University, using equipment of the Development Program of M.V. Lomonosov Moscow State University.

**For citation:** Petrochenkov D.A., Baraboshkin E.Yu. Jewelry and ornamental concretions with fossils of the Republic of Kabardino-Balkaria. Mineral composition, gemological characteristics. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(5):59—71. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-59-71>

Manuscript received 10 August 2023

Accepted 24 October 2023

Published 31 October 2023

\* Corresponding author

Последние десятилетия в Ульяновской области попутно с аммонитами и септариями проводится сбор конкреций с фоссилиями, из которых изготавливают разнообразный ассортимент изделий, включая ювелирные [4—6]. Конкреции Ульяновской области достаточно широко представлены на российском и востребованы на мировом рынках. Конкреции с фоссилиями как поделочный и ювелирный материал можно отнести в группу гидрогенных биоминеральных образований [1], учитывая, что определяющую роль в их декоративности и коммерческой стоимости играют раковины фоссилий. В настоящее время аналогичные конкреции с фоссилиями встречены и в Кабардино-Балкарской Республике.

В настоящей статье впервые представлены результаты детальных минерально-геохимических, геммологических исследований конкреций с фоссилиями ювелирно-поделочного качества Кабардино-Балкарской Республики. Целью работ являлось: установление стратиграфического положения конкреций, что определяет критерии их поиска; минерального, химического состава, структурных особенностей, определяющих декоративные и технологические характеристики; изучение процессов образования конкреций в ходе диагенеза морских отложений, их экологическая оценка.

В Кабардино-Балкарской Республике проводится сбор аммонитов, септарий и конкреций с фоссилиями в руслах и береговых обрывах рек, ручьев в окрестностях с. Бабуген (р. Кудахурт с притоком Малая Жемтала), с. Кенделен (р. Ажюко), с. Лашкута (правые притоки р. Баксан). Сбор осуществляется без горных выработок, что не требует значительных материальных затрат и не нарушает экологию среды.

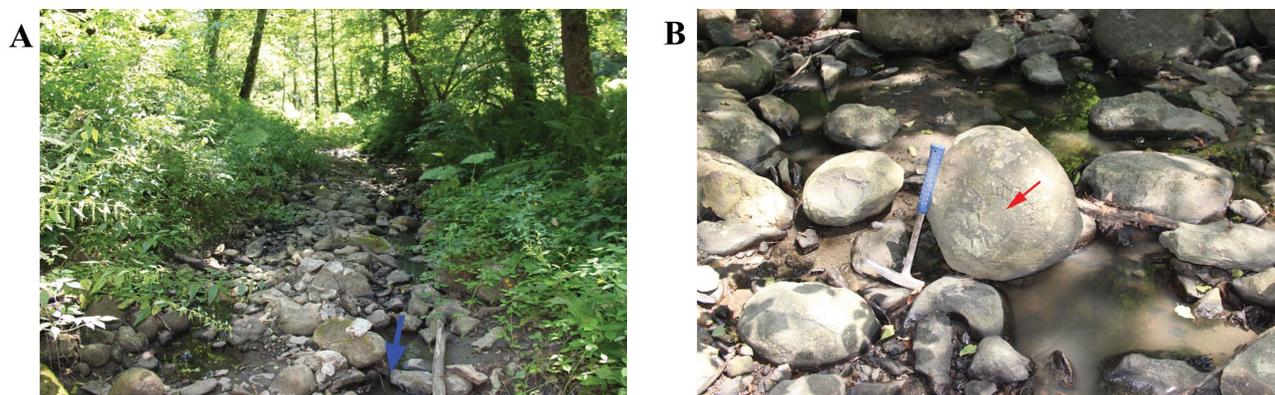
Находки аммонитов, септарий и конкреций с фоссилиями коммерческого качества

связаны, главным образом, с отложениями нижнего апта, с разными стратиграфическими уровнями. Согласно данным В.В. Друщица и И.А. Михайловой [2], разрез начинается с пачки буроватых глин мощностью 30 м, содержащих конкреции с аммонитами рода *Deshayesites*. Выше глины переходят в алевролиты и песчаники (мощностью до 50—70 м), в которых встречаются аммониты нижнеаптской зоны *Dufrenoya furcata*, где распространены аммониты рода *Tropaeum*. Помимо аммонитов из этого же интервала разреза в конкрециях периодически встречаются раковины наutilusов рода *Cymatoceras*. Конкреции с фоссилиями, используемые в качестве поделочного материала, достигают размера 50 см. Для них характерна шаровидная и эллипсоидная форма. Из фоссилий преобладают раковины аммонитов и двустворок (рис. 1, 2).

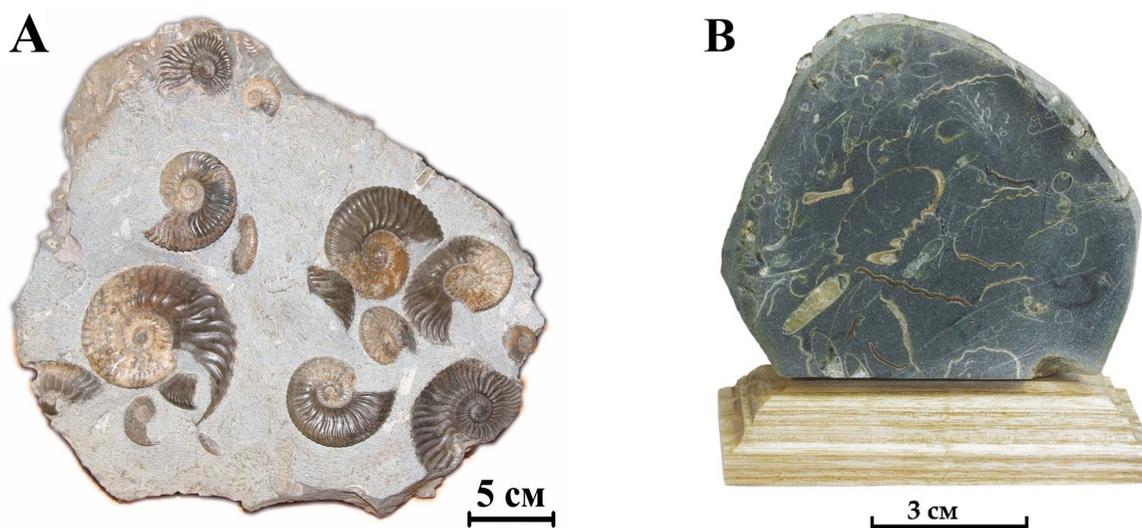
Из конкреций с фоссилиями в настоящее время изготавливают небольшой ассортимент изделий: декоративные спилы, панно, шары. В результате используется небольшая часть собранного материала (рис. 2В, 3А).

### Материалы и методы

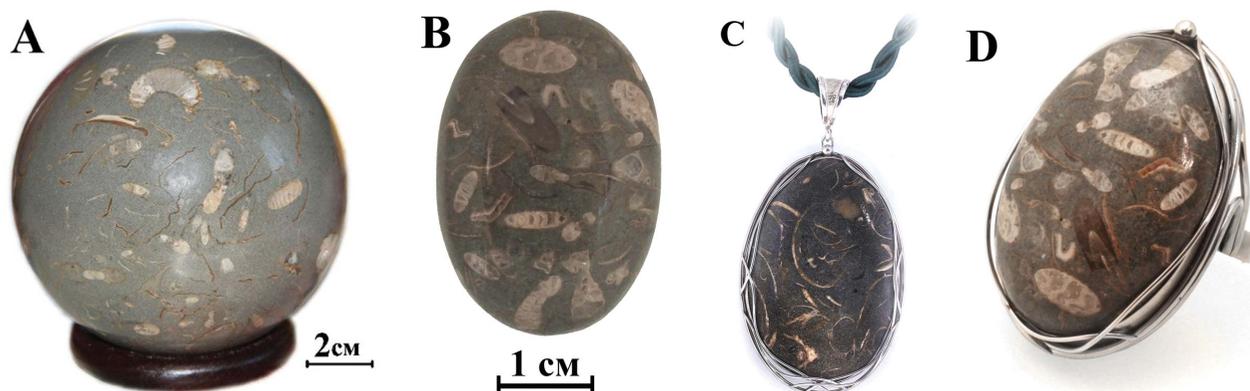
Из основных мест сбора отобраны конкреции с фоссилиями (15 образцов), характеризующие основные декоративные и технологические типы. Конкреции распиливались, полировались, из них изготавливались интерьерные и ювелирные изделия, типичные образцы были детально изучены. Комплекс исследований конкреций ювелирно-поделочного качества проведен в лабораториях МГРИ, ФГБУ «ВИМС», ФГБУ «ИГЕМ» РАН. Он включал определение микротвердости (8 определений), плотности (6 определений), люминесценции (8 образцов), оптико-петрографический анализ (3 шлифа), количественное определение минерального



**Рис. 1.** Участок русла с большим количеством конкреций из отложений апта (А); крупная конкреция шаровидной формы с включением аммонита (указан стрелкой) (В); р. Малая Жемтала, окрестности с. Бабугент  
**Fig. 1.** A section of the riverbed with a large number of concretions from the Aptian deposits (A); a large spherical concretion with the inclusion of ammonite (arrow) (B); Malaya Zhemtala River, the vicinity of Babugent Village



**Рис. 2.** Фрагмент нижнеаптской конкреции, насыщенной аммонитами рода *Deshayesites* (А); декоративный спил конкреции с фоссилиями, преимущественно с раковинами двустворок (В)  
**Fig. 2.** A fragment of the Lower Aptian concretion saturated with ammonites of the genus *Deshayesites* (A); decorative cut of the concretion with fossils, mainly with bivalve shells (B)



**Рис. 3.** Изделия из конкреций с фоссилиями: шар (А), кабошон (В), кулон (С) и кольцо (D)  
**Fig. 3.** Products made of concretions with fossils: ball (A), cabochon (B), pendant (C) and ring (D)

и химического состава (2 пробы), электронно-зондовые исследования (2 образца).

Количественное определение химического состава аммонитов выполнено методом рентгеновского флуоресцентного анализа (РФА) на вакуумном спектрометре последовательного действия «Axios MAX Advanced». Оптико-петрографический и минераграфический анализ выполнен с использованием микроскопа «Полам Р-112» и «Leika DMRX». Микротвердость определялась на микротвердометре «ПМТ-3» с нагрузкой массой 50 г и выдержкой 15 сек. Плотность образцов установлена гидростатическим методом на электронных весах «Sartorius Gem G 150D». Люминесценция изучалась под ультрафиолетовой лампой «Multispec System Eickhorst» с  $\lambda = 254$  и  $365$  нм. Минеральный состав определялся рентгенографическим количеством фазовым анализом (РКФА) на дифрактометре «X'Pert PRO MPD». Электронно-зондовые исследования выполнены на микроанализаторе «Jeol JXA-8100», позволяющем получить химический состав по данным рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), провести анализ образцов в обратнорассеянных электронах (ОРЭ). Содержание кислорода рассчитывалось по стехиометрии.

### Результаты

По данным РКФА конкреции с фоссилиями состоят в среднем (мас.%): кальцит — 64,0, кварц — 18,7, калиевый полевой шпат (КПШ), представленный микроклином, — 7,4 иллит — 5,6, смектит — 2,7, каолинит — 1,0, стронцианит — 0,5, пирит — следы. Электронно-зондовыми исследованиями установлены также: апатит, плагиоклаз (альбит), ильменит и гётит в качестве акцессорных минералов. Арагонит, первоначально выполняющий раковины фоссилий, по данным РКФА

не фиксируется. По данным оптико-петрографических исследований арагонит фрагментарно сохраняется в стенках раковин фоссилий. Соотношение минералов может меняться в зависимости от количества фоссилий в конкреции. Кварц, КПШ, плагиоклаз, иллит, ильменит являются терригенным донным морским осадком, сцементированным кальцитом. Смектит и каолинит — вторичные минералы глин, образовавшиеся в результате замещения алюмосиликатов. Стронцианит и пирит образовались в процессе диагенеза морского осадка и формирования конкреции, а гётит — в результате окисления пирита. По петрографическому составу конкреции представляют собой мергель с включениями фоссилий.

Минеральный состав конкреций подтверждается данными РФА (табл. 1, 2). Сумма содержаний CaO и ППП — 72,8 мас.% отражает преимущественно карбонатный состав конкреции. Содержания  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  связаны с кварцем и алюмосиликатами.  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  могут входить в состав кальцита, алюмосиликатов. Отметим повышение содержания  $\text{P}_2\text{O}_5$ , указывающее на присутствие апатита и  $\text{TiO}_2$  — минералов группы титана, широко распространенных в прибрежно-морских отложениях. Из-за низких содержаний они не фиксируются РКФА. Из элементов-примесей фиксируются повышенные содержания Sr — 0,0402 мас.% (табл. 2). Содержания радиоактивных (U, Th) и канцерогенных (Pb, As) элементов ниже чувствительности метода.

Матрикс конкреций — мелкозернистый мергель серого с оттенками цвета, плотный, раскалывается с трудом, с раковистым изломом, часто по поверхности раковин. Конкреции ювелирно-поделочного качества насыщены раковинами фоссилий и их фрагментами, хорошо видимыми на полированной поверхности (рис. 2В, 3). Часто

**Таблица 1.** Химический состав конкреций с фоссилиями по данным РФА  
**Table 1.** Chemical composition of concretions with fossils according to RFA data

Содержание компонента, мас.%												
$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	$\text{TiO}_2$	$\text{MnO}$	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{S}_{\text{общ}}$	$\text{BaO}$	ППП*
0,32	0,75	3,73	18,65	0,80	38,57	0,24	0,58	2,09	0,40	0,14	0,03	33,51

Примечание. \* — потери при прокаливании.

**Таблица 2.** Элементы-примеси в конкрециях с фоссилиями по данным РФА  
**Table 2.** The content of impurity elements in concretions with fossils according to RFA data

Содержание элемента, мг/кг ( $\times 10^{-4}$ мас.%)												
Co	V	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	U	Th	Pb	As	
34	30	16	10	35	30	402	53	<5	<5	<10	<10	

преобладают мелкие раковины аммонитов размером 1—3 см (рис. 2А), в других конкрециях — раковины двустворок (рис. 2В). Раковины разноориентированы, в результате рисунок среза очень разнообразен. Камеры раковин полностью минерализованы. Полости двустворок, жилые и разрушенные гидростатические камеры аммонитов выполнены мергелем, неразрушенные гидростатические камеры аммонитов — кальцитом. Кальцит белого, светло-желтого цвета с коричневыми оттенками, преимущественно непрозрачный. В более крупных камерах присутствует полупрозрачный, бесцветный кальцит. Стенки раковин также выполнены преимущественно кальцитом, фрагментарно сохраняется и арагонит. Кальцит непрозрачный, просвечивающий, белого, от светло-коричневого до темно-коричневого цвета. Конкреции, не насыщенные раковинами фоссилий, коммерческого интереса не представляют.

Плотность конкреций с фоссилиями 2,61—2,65 г/см<sup>3</sup>. Микротвердость (кг/мм<sup>2</sup>): мергель — 162—245, кальцит, выполняющий камеры, — 162—185, кальцит, выполняющий стенки, — 168—201. Наблюдается слабая люминесценция в белых и светло-желтых тонах кальцита, выполняющего камеры аммонитов. При обработке конкреций происходит частичное выкалывание раковин фоссилий, их фрагментов, что ухудшает качество полировки.

В целом конкреции с фоссилиями обладают положительными декоративными и технологическими характеристиками при широком диапазоне размеров и могут использоваться для изготовления разнообразных изделий, включая ювелирные (рис. 3).

Это дает возможность максимально использовать собранный материал, дополнить ассортимент изделий из аммонитов и септарий.

#### Оптико-петрографические и электронно-зондовые исследования

Изучены прозрачные шлифы и аншлифы фрагментов конкреций с фоссилиями, включающие мергель с раковинами аммонитов (рис. 4—6).

Мергель тонкозернистый с пелитовой структурой. Он образован включениями зерен кварца, алюмосиликатов, ильменита, пирита, сцементированных кальцитом. В мергеле присутствуют мелкие фрагменты стенок и перегородок. Зерна равномерно распределены в мергеле и отчетливо выделяются в ОПЭ (рис. 5, 6А—Е).

Зерна кварца угловатой изометричной и удлиненной формы размером до 0,2 мм. Контуры включений преимущественно ровные, четкие. Присутствуют включения, в которых наблюдается коррозия их поверхности с образованием по контуру микропор и, по-видимому, вторичных минералов (рис. 5F, 6С—Е). По данным РСМА кварц элементов-примесей не содержит.

Алюмосиликаты широко распространены в мергеле, имеют округлую, а также изометричную, удлиненную призматическую форму и размер до 0,18 мм. Одни включения отчетливо выделяются в ОПЭ, имеют ровную поверхность, другие слабо проявлены, имеют извилистый контур и сложную по цветовым оттенкам поверхность (рис. 5F, 6С—Е). Это объясняется разнообразием минерального состава алюмосиликатов и существенным их замещением. В одном из таких включений

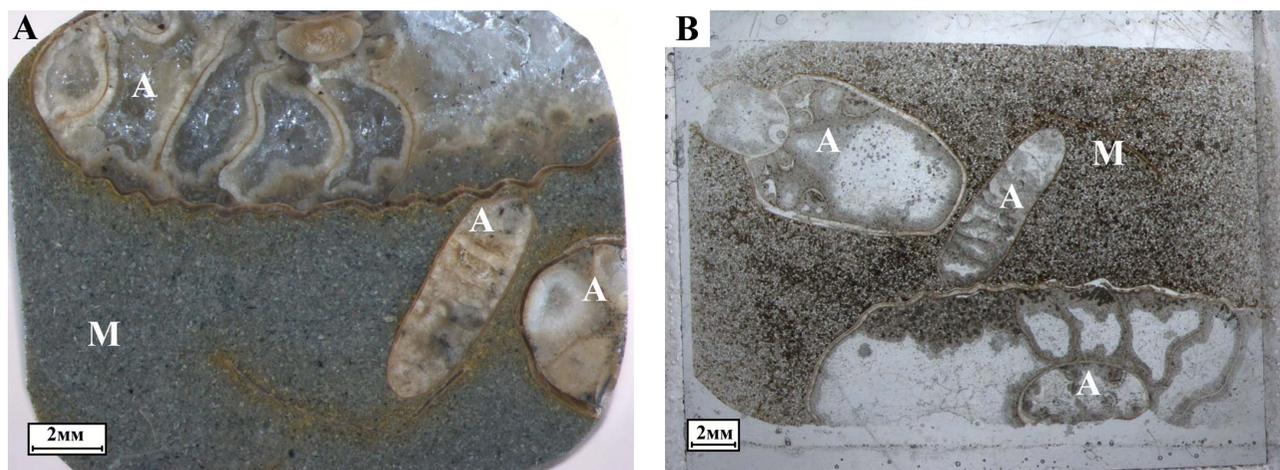
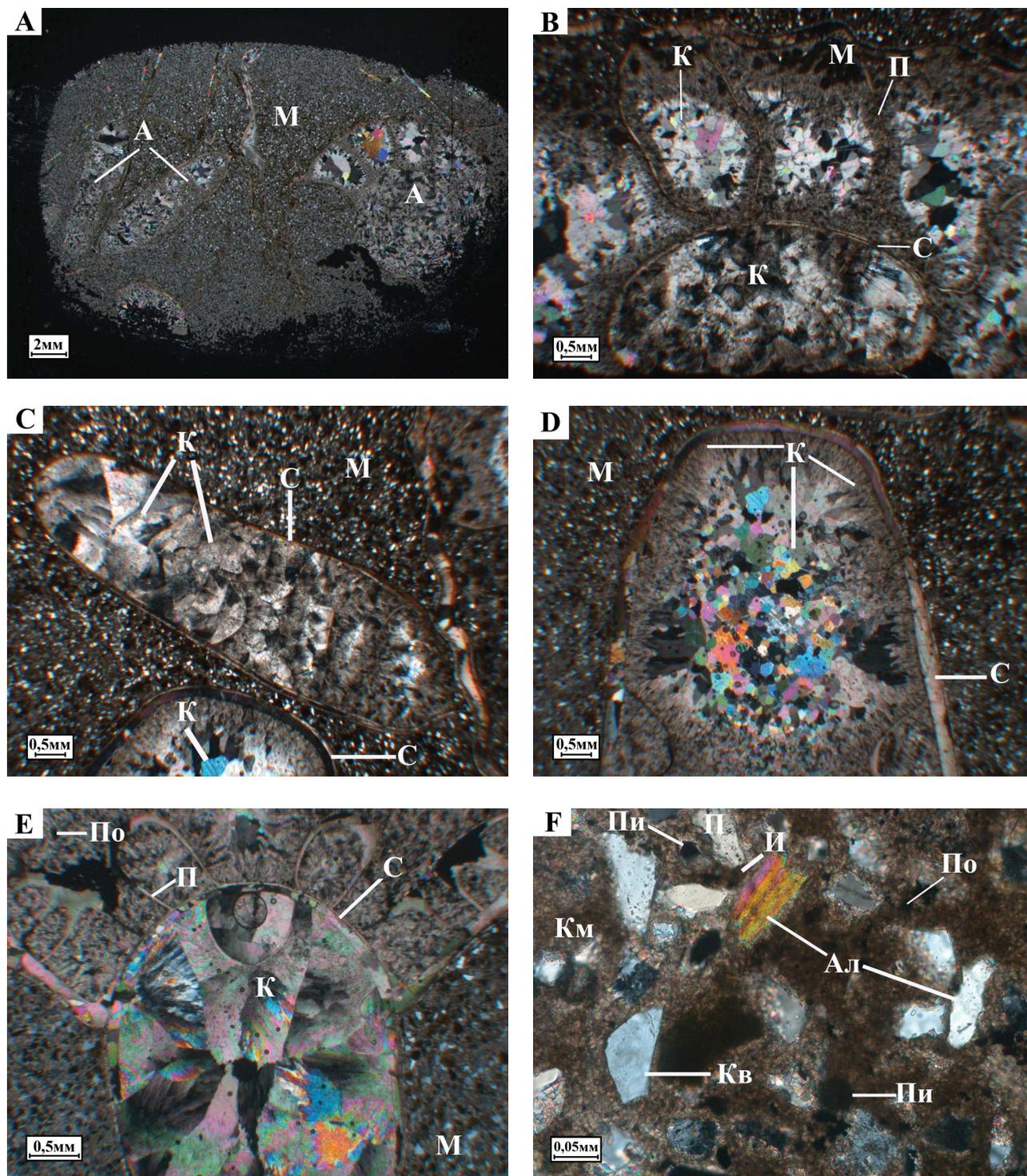
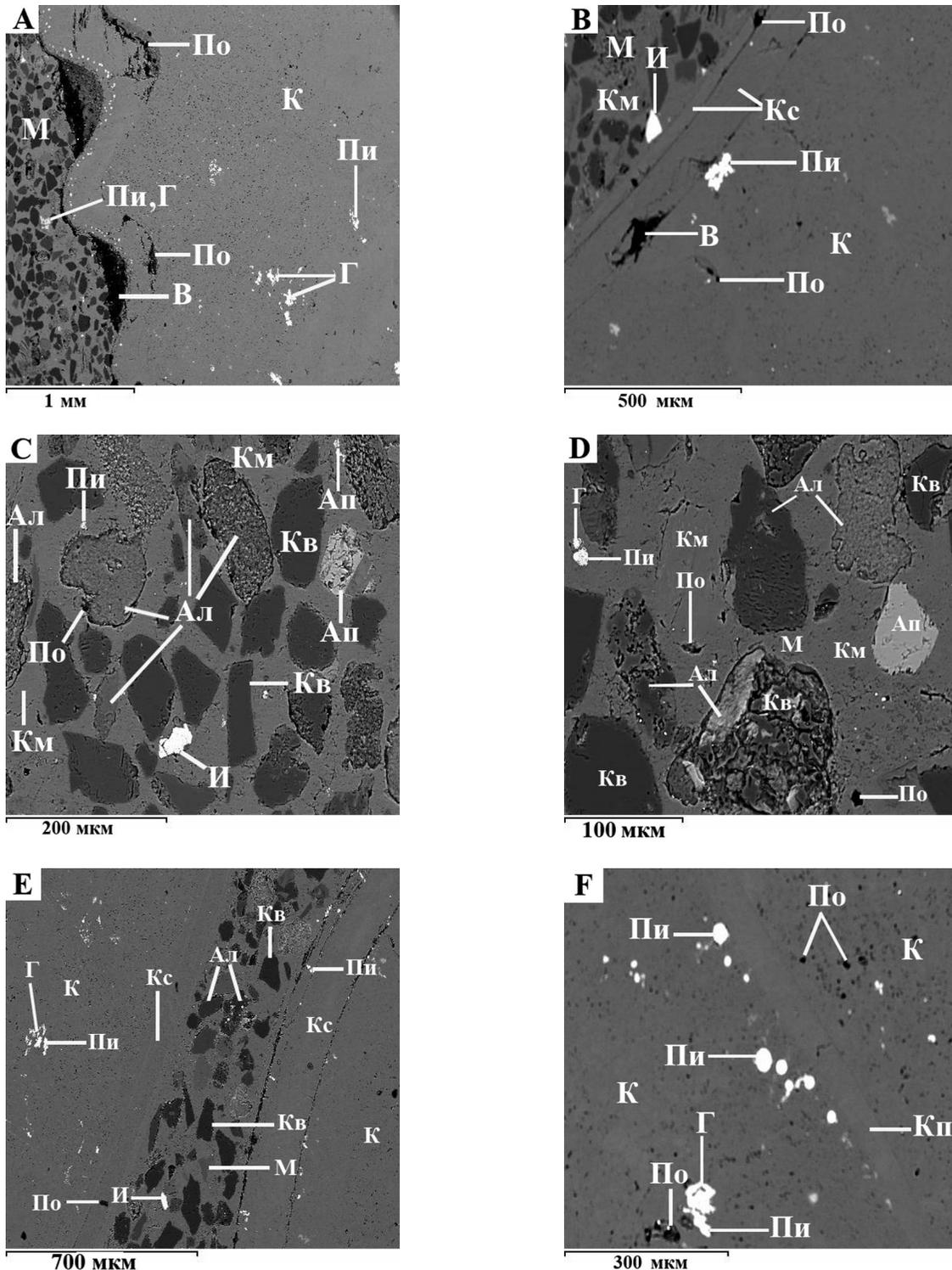


Рис. 4. Аншлиф (А) и прозрачный шлиф без анализатора (В) фрагментов конкреций с фоссилиями, включающие мергель (М) с раковинами аммонитов (А)

Fig. 4. A polished section (A) and a thin section without an analyzer (B) of concretion fragments with fossils, including marl (M) with ammonite shells (A)



**Рис. 5.** Прозрачные шлифы конкреций мергеля с раковинами аммонитов. С анализатором (А—F). М — мергель, А — раковины аммонитов, С — стенки и П — перегородки аммонитов, К, Км — кальцит, выполняющий камеры аммонитов, и мергель, Кв — кварц, Ал — алюмосиликаты, Пу — пирит, И — ильменит, По — поры  
**Fig. 5.** Thin sections of marl concretions with ammonite shells. With analyzer (A — E). М — marl, А — ammonite shells. С — walls and П — partitions of ammonites, К, Км — calcite, performing chambers of ammonites and marl, Кв — quartz, Ал — aluminosilicates, Пу — pyrite, И — ilmenite, По — Pores



**Рис. 6.** Фрагменты конкреций мергеля с раковинами аммонитов. Микрозонд, ОРЭ (А–F). М — мергель, К, Кс, Кп, Км — кальцит, выполняющий камеры, стенки, перегородки аммонита и мергель, Кв — кварц, Ал — алюмосиликаты, Пи — пирит, Г — гётит, Ап — апатит, И — ильменит, По — поры, В — сколы

**Fig. 6.** Fragments of marl concretions with ammonite shells. Microprobe, ORE (A–F). М — marl, К, Кс, Кп, Км — calcite, performing chambers, walls, partitions of ammonite and marl, Кв — quartz, Ал — aluminosilicates, Пи — pyrite, Г — goethite, Ап — apatite, И — ilmenite, По — Pores, В — chips

фиксируется, вероятно, вторичный кварц размером около 0,016 мм (рис. 6D).

По данным РСМА выделяются зерна плагиоклаза с высокими содержаниями Na до 6,41 мас.%, представленные, по-видимому, альбитом; микроклина с высокими содержаниями K до 13,68 мас.%; высокожелезистых алюмосиликатов с содержанием Fe от 14,57 до 15,54 мас.%. Высокожелезистые алюмосиликаты выделяются зеленой окраской и относятся, по-видимому, к глаукониту. На это указывают и высокие содержания K от 4,85 до 5,58 мас.%. Частично содержание Fe может быть связано и с микровключениями пирита. Глауконит образуется при незначительном изменении окислительно-восстановительного потенциала в мобильных водах и является типичным седиментогенным минералом мелководных бассейнов. Для более глубоководных частей бассейнов характерен глауконит богатый Fe [3].

Включения ильменита единичны, призматической изометричной и слабоудлиненной формы с четкими контурами, размером до 0,1 мм (рис. 5F, 6B, C, E). В ильмените из элементов-примесей фиксируются содержание (мас.%): Cr — 0,66, Mn — 1,68, Co — 0,41, Ni — 0,17, Zn — 0,17, V — 0,55. Ильменит является характерным аксессуарным минералом донного прибрежно-морского осадка.

Включения пирита немногочисленны, имеют микронную размерность. Микровключения образуют выделения разнообразной формы со сложным контуром и размером до 0,1 мм (рис. 5F, 6A, C, D). Они занимают преимущественно микропоры, что указывает на более позднее образование пирита по отношению к кальциту. В пирите из элементов-примесей в отдельных спектрах фиксируются содержания (мас.%): Mn — до 0,41, Co — до 0,69, Zn — до 0,15, Ni — до 0,17. Пирит окисляется с образованием гётита. На это указывают содержание кислорода в пирите при уменьшении содержания серы, а также их совместное

нахождение. Включения гётита сложной формы, размером до 0,06 мм (рис. 6A). Из элементов-примесей в нем фиксируются содержания Co — до 0,64 мас.% и Zn — до 0,12 мас.%.

В мергеле установлены включения апатита (рис. 6C). Включения преимущественно микронного размера, развиваются по контурам алюмосиликатов. Микровключения образуют более крупные, до 0,09 мм, выделения изометричной формы, с неровным контуром в кальците. Из элементов-примесей в апатите фиксируются содержания (мас.%): Mn — до 0,14 и Fe — до 0,61. Апатит образовался в процессе формирования конкреции вместе с кальцитом.

Цемент мергеля образован тонкодисперсным кальцитом, заполняющим пространство между включениями. Присутствуют выделения кальцита сложной формы размером до 0,15 мм с более крупными кристаллами от 0,01 до 0,05 мм (рис. 5F, 6C, D). Такие выделения в образце более светлых оттенков. Количество микротрещин, выполненных кальцитом, незначительно. Они также в образце имеют светлую окраску. Микропоры немногочисленны, размером до 0,03 мм, расположены по контурам кристаллов, вдоль стенок аммонитов, часто связаны с замещением алюмосиликатов. Присутствуют поры, образованные в результате выпадения включений в процессе подготовки образцов (рис. 5F, 6C, D).

По данным РСМА кальцит из элементов-примесей содержит в среднем (мас.%): Mg — 0,30, Mn — 0,67, Fe — 0,76 (табл. 3). Для Mn и Fe характерен широкий диапазон значений в отдельных спектрах, что указывает на неравномерность их распределения. Фиксируется также Sr — до 0,25 мас.%, который может быть связан и микровключениями стронцианита, установленного РКФА, а также Na — до 0,23 мас.%.

Стенки аммонита толщиной около 0,2 мм, перегородки — около 0,05—0,1 мм выполнены

**Таблица 3.** Химический состав кальцита в конкрециях с фоссилиями по данным РСМА  
**Table 3.** Chemical composition of calcite in concretions with fossils according to RSMA data

Характеристика	Содержание элемента, мас.%				
	Mg	Mn	Fe	Ca	O
Мергель (5)*	0,26—0,34 0,30	0,27—0,88 0,67	0,69—1,04 0,76	35,39—36,07 35,73	43,14—44,65 44,11
Стенки и перегородки аммонитов (14)	0,10—0,27 0,18	0,40—0,86 0,61	0,30—0,67 0,44	36,26—37,89 36,84	42,83—44,21 43,37
Камеры аммонитов (22)	0,07—0,51 0,22	0,15—0,91 0,43	0,53—1,82 1,11	35,31—36,99 36,03	42,68—43,96 43,14

Примечание. Над чертой крайние значения, под чертой — средние, \* — количество спектров.

преимущественно кальцитом. Фрагментарно сохраняется, по-видимому, и арагонит. Кристаллы кальцита удлиненной призматической формы, плотно сросшиеся, ориентированные вдоль стенок и перегородок и по размеру соответствует их толщине (рис. 5B—E).

Количество микропор и микровключений незначительно (рис. 6A, B, E). По данным РСМА в кальците фиксируются содержания элементов-примесей в среднем (мас.%): Mg — 0,18, Mn — 0,61, Fe — 0,44 (табл. 3). В отдельных спектрах фиксируются содержания Na — до 0,35 мас.% и Sr — до 0,28 мас.%. Кальцит, выполняющий стенки и перегородки аммонитов, характеризуется близкими содержаниями Mn и более низкими содержаниями Mg и Fe.

Камеры аммонитов выполнены преимущественно кальцитом в ОРЭ серого цвета с пятнистым распределением оттенков (рис. 5B—E, 6A, B, E, F). Вдоль стенок и перегородок расположен слой кальцита шириной до 0,2 мм, образованный плотно сросшимися изометричными и удлиненными призматическими, разноориентированными кристаллами размером 0,05—0,2 мм. Часть мелких камер выполнена такими кристаллами полностью (рис. 5B—E). Центральные части более крупных камер выполнены плотно сросшимися разноориентированными кристаллами, преимущественно изометричной и слабо удлиненной формы, с ровным угасанием, размером 0,3—1,5 мм. Присутствуют блоки размером около 0,5 мм различной формы с веерным угасанием. Их образование происходило из центров кристаллизации, расположенных на стенках, перегородках, реже на тонкозернистом первоначальном слое кальцита в результате роста тонкопризматических удлиненных кристаллов и дальнейшей их перекристаллизации.

Кальцит, выполняющий камеры аммонитов, из элементов-примесей содержит в среднем (мас.%): Mg — 0,22, Mn — 0,43 и Fe — 1,11 при широком диапазоне значений в спектрах (табл. 3). Для него характерны более высокие содержания Fe, более низкие Mn и близкие Mg по отношению к кальциту, выполняющему мергель стенки и перегородки. В отдельных спектрах фиксируются содержания Na — до 0,23 мас.% и Sr — до 0,38 мас.%.

В кальците, выполняющем камеры аммонитов, присутствуют включения пирита, гётита и микропоры (рис. 6A, B, E, F). Включения пирита размером до 0,2 мм, гётита — до 0,06 мм присутствуют в небольшом количестве и расположены преимущественно вдоль контактов стенок и перегородок,

в тонкозернистом первоначальном слое кальцита. Гётит образовался в результате окисления пирита. В пирите из элементов-примесей фиксируются содержания (мас.%): Mn — до 0,41, Zn — до 0,29, Co — до 0,32, Ni — до 0,15; в гётите: Co — до 0,61 и Zn — до 0,12. Микропоры размером до 0,04 мм присутствуют в относительно небольшом количестве и расположены вдоль стенок и перегородок, различных слоев кальцита, по контурам крупных кристаллов в центральных частях камер.

Оптико-петрографические исследования позволили установить структурные особенности минерализации конкреций с фоссилиями, объяснить ряд геммологических и технологических характеристик. Мергель конкреций тонкозернистый с пелитовой структурой и небольшим количеством микропор, состоит из включений различных минералов, сцементированных тонкодисперсным кальцитом. Включения равномерно распределены в мергеле. В процессе диагенеза конкреций происходили: замещение исходных алюмосиликатов тонкодисперсными глинистыми минералами и фрагментарная, вдоль микротрещин, перекристаллизация кальцита с укрупнением кристаллов. Светлые оттенки мергеля связаны с более высокой насыщенностью относительно крупными кристаллами кальцита.

Раковины аммонитов в конкрециях выполнены кальцитом и мергелем. Мергель выполняет разрушенные камеры. По составу и структуре он аналогичен мергелю конкреций. Кальцит выполняет стенки, перегородки и неразрушенные камеры. Стенки и перегородки выполнены тонкокристаллическим, плотно сросшимся, непрозрачным и просвечивающим кальцитом с различными оттенками. Фрагментарно сохраняется, по-видимому, и арагонит.

Минерализация камер аммонитов проходила поэтапно. Первоначально формировался тонкий слой светло-желтого, белого непрозрачного кальцита. Он образован плотно сросшимися разноориентированными, мелкопризматическими изометричными и удлиненными кристаллами. Мелкие камеры выполнены такими кристаллами полностью. Центральная часть камер относительно большого размера выполнена бесцветным, полупрозрачным средне- и крупнозернистым кальцитом. Кристаллы плотно сросшиеся, разноориентированные, с различными условиями кристаллизации. Наблюдается фрагментарная перекристаллизация мелких кристаллов с их укрупнением.

Количество микропор и микровключений пирита в кальците, выполняющем раковины аммонитов,

незначительно. Они расположены преимущественно вдоль контакта стенок и перегородок и в первоначальном тонкозернистом слое. Прозрачность кальцита, выполняющего раковины аммонитов, определяется структурными особенностями агрегатов, размером и морфологией кристаллов. Микропоры и микровключения, учитывая их небольшое количество, существенной роли на прозрачность кальцита не оказывают. Прозрачность кальцита влияет на его цвет и оттенки. Непрозрачные слои кальцита светло-желтые и белого цвета. На восприятие цвета в просвечивающем и полупрозрачном кальците существенную роль оказывает цвет подложки. Она представлена мергелем, прилегающими слоями кальцита, тонкодисперсными выделениями оксидов и гидроксидов по контактам слоев и микротрещинам. В результате тонкие просвечивающие слои — коричневого цвета различных оттенков, а крупнокристаллический полупрозрачный кальцит, выполняющий центральные части камер — бесцветный.

Плотное срастание кристаллов и незначительное количество микропор обуславливают высокую степень полируемости конкреций с фоссилиями. Отрицательными факторами являются: относительно большой процент (9,3 мас.%) мягких и тонкодисперсных глинистых минералов и выкрашивание включений и фрагментов стенок аммонитов в процессе обработки. Для устранения указанных негативных факторов необходима в ряде случаев предварительная пропитка материала специальными смолами.

Проведенными электро-зондовыми исследованиями установлены в конкрециях с фоссилиями включения альбита, апатита, ильменита и гётита, содержания которых находятся ниже чувствительности метода РКФА. Установлен химический состав минералов, особенности распределения элементов-примесей, что позволяет проводить идентификацию конкреций с фоссилиями. В кальците конкреций из элементов-примесей фиксируются устойчивые содержания Mg, Mn, Fe, значения которых различаются в зависимости от его положения в мергеле, в стенках и перегородках, камерах аммонитов. На цвет кальцита оказывают влияние содержания Mn и Fe.

#### Экологическая оценка конкреций с фоссилиями

Ювелирные и интерьерные изделия непосредственно находятся в соприкосновении с человеком, что обуславливает повышенные требования к их экологическим характеристикам. Конкреции с фоссилиями Кабардино-Балкарской Республики

недавно появились на рынке, и экологическая оценка их ранее не проводилась.

Нормативные документы по допустимым содержаниям канцерогенных элементов для ювелирных и интерьерных изделий из природного камня в настоящее время не утверждены. В связи с этим были использованы общие требования безопасности к игрушкам (ГОСТ ИСО 8124-3-2001, редакция от 2006.06.01). По данным РФА (табл. 2) в конкрециях не установлены значимые содержания канцерогенных элементов, включая As и Pb, что позволяет использовать их по этому показателю без ограничений.

В АСИЦ ВИМС проведены испытания радиационных характеристик конкреций с фоссилиями. Удельная активность радионуклидов составила, (Бк/кг):  $^{226}\text{Ra} \leq 30$ ,  $^{228}\text{Ra} \leq 20$ ,  $^{224}\text{Ra} \leq 20$ ,  $^{232}\text{Th} \leq 20$ ,  $^{40}\text{K} \leq 186$ ,  $^{137}\text{Cs} \leq 10$ , а  $A_{\text{эфф}}$  — 84. Испытания показали, что конкреции с фоссилиями удовлетворяют требованиям ( $A_{\text{эфф}} < 740$  Бк/кг) СП 2.6.2800-10 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников излучения» п. 4.5.1 «...изделия художественных промыслов и предметов интерьера из природного камня...», что допускает использование их без ограничения по радиационному фактору. Содержание радиоактивных элементов U и Th по данным РФА ниже чувствительности метода (табл. 2), что подтверждает сделанный вывод.

#### Выводы

Конкреции с фоссилиями ювелирно-поделочного качества Кабардино-Балкарской Республики связаны с отложениями нижнего апта. Они состоят из мергеля с включениями фоссилий, представленных мелкими раковинами преимущественно аммонитов, реже двустворок. Мергель конкреций тонкозернистый с пелитовой структурой состоит из включений кварца, алюмосиликатов, ильменита, пирита, гематита, апатита, цементированных тонкодисперсным кальцитом, составляющим 64 мас.%. Включения равномерно распределены в мергеле. В процессе диагенеза конкреций происходила перекристаллизация кальцита с укрупнением кристаллов и замещение исходных алюмосиликатов тонкодисперсными глинистыми минералами (каолинит, смектит).

Раковины аммонитов в конкрециях выполнены кальцитом и мергелем. Мергель выполняет разрушенные камеры. По составу и структуре он аналогичен мергелю конкреций. Стенки и перегородки аммонитов выполнены тонкокристаллическим непрозрачным и просвечивающим кальцитом

с различными оттенками. Фрагментарно сохраняется арагонит. Минерализация неразрушенных камер аммонитов проходила поэтапно с образованием слоев кальцита с различной структурой, размером и морфологией кристаллов. Наблюдается фрагментарная перекристаллизация мелких кристаллов с их укрупнением. Количество микропор и микровключений пирита и гётита незначительно. Они располагаются преимущественно вдоль контактов стенок, перегородок и в первоначальном тонкозернистом слое.

Прозрачность кальцита, выполняющего раковины аммонитов, определяются структурными особенностями агрегатов, размером и морфологией кристаллов, количеством пор и минеральных включений. Цвет кальцита и его оттенки определяются прозрачностью, количеством минеральных включений, содержаниями Fe и Mn. На восприятие цвета просвечивающего и полупрозрачного кальцита существенное влияние оказывает цвет подложки.

Конкреции плотные, устойчивые к механическим воздействиям, что обусловлено плотным срастанием минералов и небольшим количеством микропор и микротрещин. При этом

конкреции содержат большой процент (9,2 мас.%) мягких, тонкодисперсных глинистых минералов ухудшающих полируемость материала. На ухудшение качества полировки оказывает влияние также выкрашивание включений и фрагментов стенок аммонитов. При обработке материала необходимо учитывать указанные факторы.

Установлены минеральный и химический состав конкреций с фоссилиями, содержание элементов-примесей в кальците и других основных минералах, что позволяет проводить их идентификацию. Экологическая экспертиза установила возможность использования конкреций с фоссилиями в качестве ювелирно-поделочного материала без ограничений.

Конкреции с фоссилиями Кабардино-Балкарской Республики обладают широким диапазоном размеров, положительными декоративными и технологическими характеристиками, что позволяет изготавливать разнообразный ассортимент изделий, включая ювелирные. Конкреции с фоссилиями могут собираться в больших объемах в долинах рек без горных выработок, что не требует значительных материальных затрат и не нарушает экологию среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Буканов В.В. Цветные камни и коллекционные минералы. Энциклопедия. СПб., 2014. 464 с.
2. Друшчиц В.В., Михайлова И.А. Биостратиграфия нижнего мела Северного Кавказа. М.: Изд. МГУ, 1966. 190 с.
3. Костов И. Минералогия. М.: Мир, 1971. 584 с.
4. Петроченков Д.А. Конкреции с фоссилиями Ульяновской области // Изв. вузов. Геология и разведка. 2018. № 2. С. 73—76.
5. Петроченков Д.А., Быховский Л.З. Ювелирно-поделочные аммониты: проблемы оценки и перспективы добычи // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2018. № 4. С. 15—22.
6. Петроченков Д.А., Быховский Л.З. Септарии — нетрадиционный вид ювелирно-поделочного сырья: перспективы добычи // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2022. № 3—4. С. 35—42.

## REFERENCES

1. Bukanov V.V. Colored stones and collectible minerals. Encyclopedia. St. Petersburg, 2014. 464 p.
2. Drushchits V.V., Mikhailova I.A. Biostratigraphy of the Lower Cretaceous of the North Caucasus. Moscow: Publishing House of Moscow State University, 1966. 190 p.
3. Kostov I. Mineralogy. Moscow: Mir, 1971. 584 p.
4. Petrochenkov D.A. Concretions with fossils of the Ulyanovsk region // Proceedings of higher educational establishments. Geology and exploration. 2018. No. 2. P. 73—76.
5. Petrochenkov D.A., Bykhovsky L.Z. Jewelry and ornamental ammonites: problems of evaluation and prospects of extraction // Mineral resources of Russia. Economics and management. 2018. No. 4. P. 15—22.
6. Petrochenkov D.A., Bykhovsky L.Z. Septaries as an unconventional jewelry and ornamental raw material: production prospects // Mineral resources of Russia. Economics and management. 2022. No. 3—4. P. 35—42.

### ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Петроченков Д.А. — внес вклад в разработку концепции статьи, подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Барабошкин Е.Ю. — внес вклад в палеонтологические и стратиграфические аспекты статьи, выполнил перевод на английский язык, утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Dmitry A. Petrochenkov — contributed to the development of the concept of the article, prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agreed to assume responsibility for all aspects of the work.

Evgeny Yu. Baraboshkin — contributed to the paleontology and stratigraphy aspects of the article, completed a translation into English, approved the published version of the article and agreed to assume responsibility for all aspects of the work.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Петроченков Дмитрий Александрович\*** — кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой минералогии и геммологии ФГБОУ ВО «Российский государственный геолого-разведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

e-mail: [p-d-a@mail.ru](mailto:p-d-a@mail.ru)

тел.: +7 (903) 143-34-33

SPIN-код: 7283-0347

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6123-9101>

**Dmitry A. Petrochenkov\*** — Cand. of Sci. (Geol.-Min.), Assoc. Prof., Director of the Department of Mineralogy and Gemology of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

e-mail: [p-d-a@mail.ru](mailto:p-d-a@mail.ru)

tel.: +7 (903) 143-34-33

SPIN-code: 7283-0347

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6123-9101>

**Барабошкин Евгений Юрьевич** — доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры региональной геологии и истории Земли геологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

1, Ленинские горы, г. Москва 119991, Россия

e-mail: [ejbaraboshkin@mail.ru](mailto:ejbaraboshkin@mail.ru)

SPIN-код: 1851-5457

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4373-1543>

**Evgeny Yu. Baraboshkin** — Dr. of Sci. (Geol.-Min.), Professor of the Department of Regional Geology and Earth History Geological of the M.V. Lomonosov Moscow State University.

1, Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

e-mail: [ejbaraboshkin@mail.ru](mailto:ejbaraboshkin@mail.ru)

SPIN-code: 1851-5457

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4373-1543>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



## ФИНАНСИРОВАНИЕ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ В ПЕРИОД ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СТРАНЫ

С.М. САЛЬМАНОВ<sup>1</sup>, З.М. НАЗАРОВА<sup>2</sup>, Ю.А. ЛЕОНИДОВА<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> АО «Полиметалл УК»

2, пр. Народного ополчения, г. Санкт-Петербург 198216, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»  
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Минерально-сырьевая база является стратегической составляющей экономической безопасности России и критически важным инструментом укрепления позиций страны на международной арене. В то же время экономические потрясения и геополитическая напряженность негативным образом отражаются на инвестиционной привлекательности геолого-разведочных проектов, которые очень важны для непрерывного воспроизводства минерально-сырьевой базы страны.

**Цель.** Рассмотрение новых возможностей финансирования геологического изучения недр в России.

**Задачи:** 1) анализ структуры и состояния финансирования геолого-разведочных работ в РФ за последние 5 лет; 2) изучение перспектив и возможностей привлечения инвестиций для разных стадий геолого-разведочных работ в России; 3) предложение новых методов и инструментов для оптимизации финансирования стадий геологического изучения недр в условиях трансформации экономической системы страны.

**Материалы и методы исследования.** Для проведения исследования авторами использовались работы отечественных и зарубежных ученых, а также отчеты и публикации Совета по вопросам агропромышленного комплекса и природопользования РФ, Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Федерального агентства по недропользованию, результаты реализации инициативы «Геология: возрождение легенды», аналитические материалы McKinsey, OECD Global Forum On International Investment. Для достижения поставленной цели был использован комплекс общенаучных и специальных методов познания, в частности: методы статистического моделирования и прогнозирования для оценки состояния и перспектив финансирования геологоразведки в РФ; методы сравнительного анализа и синтеза, индукции и дедукции для изучения международного опыта привлечения альтернативных инвестиций для геологических исследований.

**Результаты.** В процессе исследования сформулированы предложения, касающиеся расширения возможностей привлечения дополнительных финансовых ресурсов на различных стадиях геологического исследования недр благодаря созданию целевых фондов прямых инвестиций. Также уделено внимание таким методам, как стриминг и приобретение фиксированного процента прибыли от добычи в обмен на авансовый платеж, которые могут быть применены на более поздних этапах геолого-разведочных работ.

**Заключение.** Для привлечения финансовых ресурсов для геологического изучения недр на различных стадиях в отечественной практике целесообразным является применение новых инструментов и подходов, а также использование передового опыта из мировой практики. Это в совокупности позволит привлечь альтернативные бюджетным ресурсам источники, диверсифицировать методы финансового обеспечения, а также повысить уровень инвестиционной привлекательности геолого-разведочных проектов.

**Ключевые слова:** инвестиции, геолого-разведочные работы, недра, фонд, прибыль, обособление, бюджет, дисконт

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Сальманов С.М., Назарова З.М., Леонидова Ю.А. Финансирование геолого-разведочных работ в период трансформации экономической системы страны. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2023;65(5):72—80. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-72-80>

Статья поступила в редакцию 25.09.23

Принята к публикации 24.10.2023

Опубликована 31.10.2023

\* Автор, ответственный за переписку

## FUNDING OF GEOLOGICAL EXPLORATION DURING TRANSFORMATION OF THE RUSSIAN ECONOMIC SYSTEM

SERGEY S. SALMANOV<sup>1</sup>, ZINAIDA M. NAZAROVA<sup>2</sup>, YULIYA A. LEONIDOVA<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Polymetal Management

2, Narodnogo Opolcheniya ave., Saint-Petersburg 198216, Russia

<sup>2</sup> Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting  
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

### ABSTRACT

**Background.** The mineral resource base is a strategic component of Russia's economic security, being a critically important tool for strengthening the country's position in the international arena. At the same time, economic shocks and geopolitical tensions negatively affect the investment attractiveness of geological exploration projects, which are highly important for the continuous reproduction of the country's mineral resource base.

**Aim.** Consideration of funding possibilities for geological exploration activities in Russia.

**Objectives.** 1) To analyze the structure and state of geological exploration funding in Russia over the past five years; 2) to study the prospects and possibilities of attracting investments for different geological exploration stages in Russia; 3) to offer new methods and tools for optimizing the funding of geological exploration activities under the conditions of transformation of the Russian economic system.

**Materials and methods.** The research materials included domestic and foreign scientific publications; reports and publications of the Federation Council Committee on Agriculture and Food Policy and Environmental Management of the Russian Federation, the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation, the Federal Subsoil Resources Management Agency; the results of the "Geology, Revival of a Legend" initiative; McKinsey and OECD Global Forum on International Investment analytical materials. The materials were analyzed using a set of general and specialized scientific methods. Among them are statistical modeling and forecasting to assess the state and prospects of geological exploration funding in Russia; comparative analysis and synthesis, induction and deduction to study international experience in attracting alternative investments for geological research.

**Results.** Proposals concerning the possibility of attracting additional funding at various stages of geological exploration through the creation of direct investment trust funds are formulated. Attention is also paid to such methods as streaming and acquisition of a fixed interest rate from production in exchange for an advance payment, which can be applied at later stages of exploration.

**Conclusion.** New approaches and best international practices should be used to attract funding for various stages of geological exploration activities in Russia. This will make it possible to attract non-governmental resources, diversify methods of financial support, as well as to increase the investment attractiveness of geological exploration projects.

**Keywords:** investments, exploration, subsoil, fund, profit, justification, budget, discount

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**Financial disclosure:** no financial support was provided for this study.

**For citation:** Salmanov S.S., Nazarova Z.M., Leonidova Yu.A. Funding of geological exploration during transformation of the russian economic system. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(5):72—80. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-72-80>

*Manuscript received 25 September 2023*

*Accepted 24 October 2023*

*Published 31 October 2023*

\* Corresponding author

В мире существуют тысячи потенциальных рудников и месторождений, находящихся на разных стадиях геологической изученности, начиная от исследований на ранних этапах, которые только очерчивают многообещающие геологические направления, и заканчивая проектами на продвинутой стадии с готовыми техническими решениями [4]. При таком большом количестве проектов, соперничающих за ограниченное внимание инвесторов и еще более ограниченное предложение капитала, их бенефициары сталкиваются с одним и тем же вопросом — каким образом проект может быть доведен до стадии производства на максимально привлекательных условиях [6].

Ведущие горнодобывающие компании используют широкий спектр финансовых рычагов для управления капиталом в течение всего цикла разработки месторождения, включая как традиционное, так и альтернативное финансирование, в рамках устойчивого коэффициента финансового рычага. По оценкам экспертов в мировом масштабе альтернативные варианты финансирования могут обеспечить примерно 800 млрд долл. инвестиционных вложений в геологоразведку в течение следующих десяти лет [14].

Актуальной данная проблема является и для России, поскольку на ее территории и континентальном шельфе разведано уникальное количество видов полезных ископаемых. До 70% разведанных запасов полезных ископаемых сосредоточены в крупных и уникальных месторождениях, которые обеспечивают 50% добычи минерального сырья в стране [7].

По сумме разведанных и оцененных запасов целого ряда стратегических минеральных ресурсов страна входит в группу мировых лидеров. В недрах России сосредоточенно 37% мировых запасов алмазов, 15% золота, 12% железных руд,

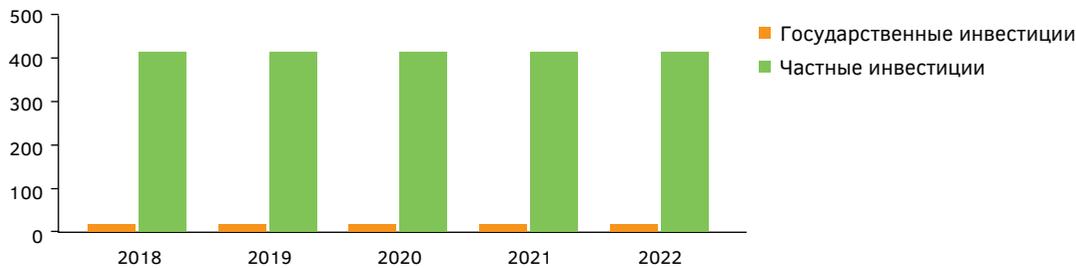
8% меди, 7% никеля. Оценочная стоимость запасов полезных ископаемых в недрах составляет порядка 29 трлн долларов США. Доля России в общемировых запасах составляет 11,7% [10].

Одна из ключевых проблем воспроизводства минерально-сырьевой базы заключается в финансировании геолого-разведочных работ, которое до наступления текущих потрясений находилось не в лучшем положении, а в связи с ухудшением геополитической обстановки и ужесточением международных санкций вопрос осложнился еще больше. Текущие объемы финансирования геолого-разведочных проектов в стране по всем источникам финансирования проиллюстрированы рисунком 1.

Дополнительную неопределенность вызывают действия иностранных недропользователей, поскольку пока еще нет ясности относительно того, каким образом они собираются выходить из бизнеса в России, как будут продавать или передавать доли в совместных горнодобывающих предприятиях российским партнерам.

С учетом вышеизложенного не подлежит сомнению тот факт, что и государству, и горнодобывающим компаниям необходимы новые источники средств и механизмы их привлечения. В текущих условиях геополитической и геоэкономической нестабильности особую остроту приобретает проблема увеличения объемов геологоразведки и подготовки новых месторождений критически важных минеральных ресурсов к эксплуатации. Поскольку на фоне хронического дефицита финансирования разведанные до сегодняшнего дня запасы интенсивно обрабатывались, а поисковый задел, который остался в наследство от советских времен, фактически исчерпан [2].

Таким образом, изучение перспектив и возможностей привлечения инвестиций для разных стадий геолого-разведочных работ в России



**Рис. 1.** Структура финансирования геолого-разведочных работ в РФ, млрд руб. (составлено авторами по данным Росстата, Минприроды, Роснедр)

**Fig. 1.** Structure of financing of geological exploration in the Russian Federation, billion rubles (compiled by the author according to Rosstat, the Ministry of Natural Resources, Rosnedra)

с учетом международного опыта и отечественных реалий представляет собой актуальное направление исследования, что и обусловило выбор темы данной статьи.

Анализу различных подходов финансирования и эффективного использования капиталовложений горнодобывающими предприятиями посвящены многие работы отечественных и зарубежных ученых, в частности З.М. Назаровой, Н.В. Пашкевич, И.Б. Сергеева, А.М. Хитрова, Е.М. Даниловой, И.Н. Коноваловой, E. David, Y. Brown, G. Partington, J. Smith.

Особенности различных механизмов государственного планирования и субсидирования геологического изучения недр с учетом стадийности проведения работ и субъектов их выполнения раскрываются в трудах В.С. Дадыкина, А.В. Душина, Т.В. Кожиневой, Ю.А. Леонидовой, H. Nourali, M. Osanloo, A. Coudas, C. Raoni, B. Zadrozny.

Анализ публикаций и накопленного научного наследия по теме исследования позволил выявить ряд нерешенных вопросов в выборе доступных источников финансирования геологоразведки с учетом проектных и инвестиционных рисков. Также в дополнительном изучении нуждаются варианты применения акционерного, заемного и гибридного финансирования, доступного в ходе осуществления геолого-разведочных работ, но с учетом особенностей их проведения и действующего нормативно-правового поля России.

Таким образом, цель статьи заключается в рассмотрении возможностей оптимизации финансового обеспечения различных стадий геологического изучения недр в России.

### Материалы и методы

Для проведения исследования авторами использовались работы отечественных и зарубежных ученых, а также отчеты и публикации

Совета по вопросам агропромышленного комплекса и природопользования РФ, Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Федерального агентства по недропользованию, результаты реализации инициативы «Геология: возрождение легенды», аналитические материалы McKinsey, OECD Global Forum On International Investment.

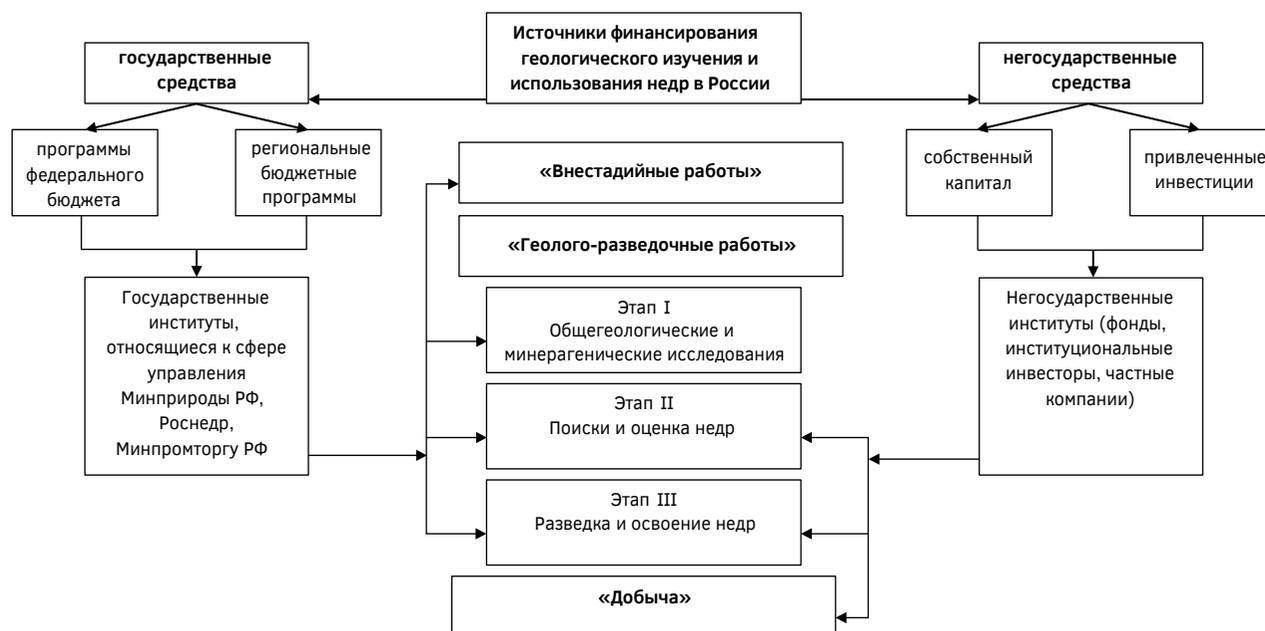
Для достижения поставленной цели был использован комплекс общенаучных и специальных методов познания, в частности: методы статистического моделирования и прогнозирования для оценки состояния и перспектив финансирования геологоразведки в РФ; методы сравнительного анализа и синтеза, индукции и дедукции для изучения международного опыта привлечения альтернативных инвестиций для геологических исследований.

### Результаты и обсуждение

Основными источниками финансирования геолого-разведочных работ в рамках развития минерально-сырьевой базы России и в соответствии с действующей нормативно-правовой базой являются средства федерального бюджета и другие источники финансирования [8] (рис. 2).

Объемы бюджетного финансирования ежегодно определяются законом «О федеральном бюджете» на соответствующий год по запланированным направлениям использования средств. Финансирование из других источников подразумевает финансирование частного бизнеса за счет собственных средств, инвестиций и долговых инструментов [9].

В ряде зарубежных стран в сфере государственных или межнациональных организаций обычно находятся региональные геологические исследования, специализированные научные или научно-производственные работы. При этом весь этот комплекс исследований не связан напрямую



**Рис. 2.** Финансовое обеспечение геологического изучения и использования недр в России — институционально-стадийный аспект [3, 5]  
**Fig. 2.** Financial support for geological exploration and use of subsurface resources in Russia — institutional-stage aspect [3, 5]

с поисками и разведкой месторождений полезных ископаемых. Значительная часть бюджетов национальных геологических служб расходуется на исследования по охране окружающей среды, земельных и водных ресурсов, безопасности населения [11, 12]. В то же время в России государство финансирует поисковые, а часто и поисково-оценочные работы, надеясь продать обнаруженные месторождения на условиях тендера будущим возможным инвесторам.

С учетом национальных особенностей считаем, что для решения проблемы интенсификации и привлечения инвестиций для проведения геолого-разведочных работ в стране на ранних стадиях можно использовать два варианта.

Одним из вариантов финансирования геологического изучения недр является создание специализированных фондов с целью воспроизводства минерально-сырьевой базы, которые будут дополнением к традиционным источникам финансовых ресурсов на рынке капитала и действенной альтернативой бюджетному ассигнованию. Эти фонды могут пополняться за счет части сверхприбыли горнодобывающих предприятий пропорционально истощению запасов. По сути речь идет о перераспределении части природной ренты на нужды воспроизводства минерально-сырьевой базы.

Рента выступает денежным выражением ценности тех или иных ограниченных ресурсов для общества с учетом их качественных характеристик. Величина ренты зависит от той ценности, которую в данный момент имеет тот или иной природный ресурс для общества.

Существующее сегодня среди экономистов толкование ренты как сверхприбыли от добычи природных ресурсов не является полностью корректным [1]. Высокая фактическая прибыль может быть результатом высокой эффективной деятельности предприятия, реализации инвестиционных проектов, направленных на повышение результативности деятельности. Полное изъятие такой сверхприбыли разрушит мотивацию менеджмента и собственников предприятий к внедрению новых технологий в горнодобывающей отрасли. Поэтому важно при управлении природной рентой выделить и оценить влияние факторов, не подлежащих управлению со стороны руководства предприятий. Именно эта часть должна лечь в основу финансирования фондов для воспроизводства минерально-сырьевой базы. Сбор природной ренты государством и ее распределение, в том числе на воспроизводство минерально-сырьевой базы, — это возврат обществу той

ценности, которую приобретают природные ресурсы в результате его развития.

Альтернативным вариантом поиска дефицитных денежных ресурсов на геолого-разведочные проекты и привлечения сложного рискового капитала, который в настоящее время избегает ранних стадий геологоразведки, может быть подход, связывающий этот рискованный капитал с будущими проектами через интерфейс доверия: доверия к тому, что капитал будет распределен эффективно и что менее перспективные предложения будут отсеяны. Этот подход опирается на модель агрегатора геологоразведки [13] (рис. 3).

Ключевым моментом данной модели является то, что в рамках агрегатора между сложным рисковым капиталом и портфелем геолого-разведочных проектов ранних стадий находится доверенная третья сторона. К основным функциям агрегатора можно отнести:

- тщательно и квалифицированно отбирать лучшие геолого-разведочные проекты для инвестирования;
- обеспечить продвижение этих проектов на основе передовых достижений науки и техники.

Агрегатор может напрямую принадлежать компании, обладающей сложным рисковым капиталом, может быть специализированной третьей стороной, а может быть подразделением крупной горнодобывающей компании, выполняющим эту функцию (в этом случае также привлекающим капитал материнской компании). Ключевым условием успешной работы данной модели является то, что агрегатор должен обладать и объединять в себе такие компетенции и возможности, как глубокое стратегическое и тактическое

понимание геологоразведки; навыки геологического и технического моделирования; умение анализировать специфические геолого-разведочные инвестиционные проекты. В совокупности эти возможности позволяют завоевать доверие инвестора.

В обязательства агрегатора входит:

- управление инвестициями как интегрированным портфелем с доминирующей стратегией извлечения уроков — последующие проекты должны извлекать уроки из предыдущих;
- обеспечение совместного обмена знаниями между всеми участниками проекта;
- ориентирование инвестиционного портфеля на совершение следующего поколения открытий, а не на бесплодные попытки воссоздать предыдущее.

Для финансирования более поздних стадий геологоразведки, по мнению авторов, в России можно адаптировать и использовать опыт горнодобывающей промышленности Китая. Подходы, которые нашли свое широкое применение и доказали высокую эффективность в КНР, предполагают привлечение альтернативного финансирования благодаря следующим инструментам.

Стриминг (NSR) — продажа всей или части будущей продукции рудника по дисконтированной рыночной цене и продажа права на процент от будущих доходов рудника за авансовый платеж соответственно. Этот альтернативный вариант финансирования имеет много преимуществ перед традиционным долгом. Он оставляет продавцам большую свободу действий, поскольку они берут на себя обязательства не по денежным средствам, а по проценту от будущих продаж

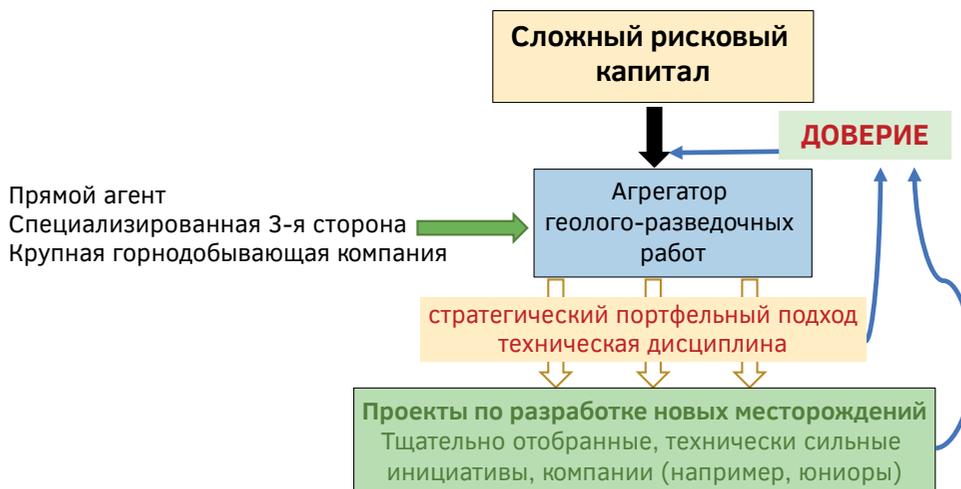


Рис. 3. Модель геолого-разведочного агрегата (составлено авторами)

Fig. 3. Model of the exploration unit (compiled by the authors)

или производства [15]. Кроме того, такие сделки обычно структурируются таким образом, что кредитор не требует каких-либо ограничений на использование полученных денежных средств.

Приобретение фиксированного процента прибыли от добычи в обмен на авансовый платеж, как правило, после оплаты капитальных затрат. Хотя этот метод чаще всего используется в нефтегазовой отрасли (когда операторы нефтяных месторождений выплачивают долю прибыли владельцам прав на разведку), он начинает применяться и в горнодобывающей промышленности.

### Заключение

Текущая ситуация нестабильности и неопределенности, которая наблюдается в экономике России, не является поводом отказываться от прове-

дения дорогостоящих геолого-разведочных работ, тем более что нефтегазовые доходы формируют значительную часть бюджета страны. Для оптимизации финансирования стадий геологического изучения недр в отечественной практике целесообразным является применение новых инструментов и подходов, а также передовой мировой практики.

В соответствии с этим в процессе исследования сформулированы предложения, касающиеся привлечения большего финансирования на ранних стадиях разведки благодаря созданию целевых фондов прямых инвестиций. Также уделено внимание таким методам, как стриминг и приобретение фиксированного процента прибыли от добычи в обмен на авансовый платеж. Эти методы показали свою высокую эффективность и результативность в горнодобывающей промышленности Китая.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Беликов Д.* Природная рента: за и против // Российская газета. 24.10.2003. Режим доступа: <https://rg.ru/2003/10/24/renta.html?ysclid=Imaqsuv0s6944310351>
2. *Дадыкин В.С.* Методика оценки рисков поисково-оценочных работ в системе геолого-экономического мониторинга // Недропользование XXI век. 2020. № 1. С. 152—157.
3. *Ишбулатов И.А.* Обзор подходов к экономической оценке эффективности геолого-технических мероприятий // Научный Лидер. 2022. № 23. С. 192—194.
4. *Кожинова Т.В.* Формирование и апробация методики анализа эффективности осуществления геологоразведочных работ // Modern Economy Success. 2022. № 2. С. 24—30.
5. *Кузина Е.С.* Принципы финансирования геолого-разведочных работ в недропользовании // Научное обозрение: теория и практика. 2020. Т. 10. № 3. С. 507—515.
6. *Леонидова Ю.А.* Методический подход к оценке бюджетной эффективности при освоении труднодоступных месторождений полезных ископаемых // Russian Economic Bulletin. 2021. Т. 4. № 4. С. 249—255.
7. Минерально-сырьевой потенциал недр Российской Федерации. Том 1: Прогнозно-металлогенический анализ / Науч. ред. О.В. Петров. СПб, 2009.
8. *Оганесян Л.В.* Мировые тренды финансирования геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые (противоречия и неопределенности) // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2020. № 1. С. 47—51.
9. *Соколова Н.А.* Оценка эффективности проектов, находящихся на этапе поиска и разведки, при формировании кластеров // Газовая промышленность. 2021. № S1. С. 166—171.
10. Экономическое значение природных ресурсов. Ключевые моменты для реформаторов в Восточной Европе, Кавказе и Центральной Азии. Paris: OECD, 2011. 47 с.
11. *Amaro R., Farfán C., Sánchez W., Achachagua A.* Determining factors of investment in mineral exploration // International journal of mining and mineral engineering. 2021. Vol. 12. No. 2. P. 85—105.
12. *Castillo E.* Defining geological maturity: The effect of discoveries on early-stage mineral exploration // Resources policy. 2021. Vol. 74. P. 78—84.
13. *Nuhu H., Kim J., Heo E.* Empirical analysis of competing factors influencing exploration investment in international oil and gas industry: evidence from OPEC countries // Geosystem engineering. 2014. Vol. 17. No. 1. P. 22—33.
14. *Pei C. et al.* Geological problems and economic evaluation for underground space utilization // Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Urban design and planning. 2021. Vol. 174. Iss. 2. P. 63—75.
15. *Vásquez Cordano, A.L.* Country competitiveness and investment allocation in the mining industry: A survey of the literature and new empirical evidence // Resources policy. 2021. Vol. 73. P. 45—52.

### REFERENCES

1. *Belikov D.* Natural rent: pros and cons // Rossiyskaya Gazeta. 24.10.2003. URL: <https://rg.ru/2003/10/24/renta.html?ysclid=Imaqsuv0s6944310351>
2. *Dadykin V.S.* Methodology for assessing risks associated with prospecting and evaluation activities in the system of geological and geophysical monitoring //

- Subsoil use XXI century. 2020. No. 1. P. 152—157.
- Ishbulatov I.A. Review of approaches to the economic assessment of the effectiveness of geological and technical measures // *Scientific Leader*. 2022. No. 23. P. 192—194.
  - Kozhinova T.V. Normalization and stimulation of meta-data of analytical activity of the state // *Success of modern economy*. 2022. No. 2. P. 24—30.
  - Kuzina E.S. Principles of financing geological exploration in subsurface use // *Scientific review: theory and practice*. 2020. Vol. 10. No. 3. P. 507—515.
  - Leonidova Yu.A. Methodical approach to the assessment of budgetary efficiency in the development of hard-to-reach mineral deposits // *Russian Economic Bulletin*. 2021. Vol. 4. No. 4. P. 249—255.
  - Mineral resource potential of the subsoil of the Russian Federation. Vol. 1: Predictive metallogenic analysis / Scientific ed. O.V. Petrov. Saint Petersburg, 2009
  - Oganessian L.V., Global trends in financing geological exploration for solid minerals (contradictions and uncertainties) // *Mineral Resources of Russia. Economics and management*. 2020. No. 1. P. 47—51.
  - Sokolova N.A. Evaluation of the effectiveness of projects at the stage of prospecting and exploration in the formation of clusters // *Gas Industry*. 2021. No. S1. P. 166—171.
  - Economic importance of natural resources. Key points for reformers in Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia. Paris: OECD, 2011. 47 p.
  - Amaro R., Farfán C., Sánchez W., Achachagua A. Determining factors of investment in mineral exploration // *International journal of mining and mineral engineering*. 2021. Vol. 12. No. 2. P. 85—105.
  - Castillo E. Defining geological maturity: The effect of discoveries on early-stage mineral exploration // *Resources policy*. 2021. Vol. 74. P. 78—84.
  - Nuhu H., Kim J., Heo E. Empirical analysis of competing factors influencing exploration investment in international oil and gas industry: evidence from OPEC countries // *Geosystem engineering*. 2014. Vol. 17. No. 1. P. 22—33.
  - Pei C. et al. Geological problems and economic evaluation for underground space utilization // *Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Urban design and planning*. 2021. Vol. 174. Iss. 2. P. 63—75.
  - Vásquez Cordano, A.L. Country competitiveness and investment allocation in the mining industry: A survey of the literature and new empirical evidence // *Resources policy*. 2021. Vol. 73. P. 45—52.

### ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Сальманов С.М. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Назарова З.М. — подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Леонидова Ю.А. — подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Sergei S. Salmanov — developed the concept and prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

Zinaida M. Nazarova — prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

Yuliya A. Leonidova — prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Сальманов Сергей Миншакирович** — кандидат экономических наук, директор дирекции бюджетирования, аналитического контроля и отчетности АО «Полиметалл УК».

2, пр. Народного ополчения, г. Санкт-Петербург 198216, Россия

e-mail: [Salmanov@polymetal.ru](mailto:Salmanov@polymetal.ru)

SPIN-код: 5268-9080

**Sergey M. Salmanov** — Cand. of Sci. (Econ.), Director of the Directorate of Budgeting, Analytical Control and Reporting of JSC Polymetal management.

2, Narodnogo Opolcheniya ave., Saint-Petersburg 198216, Russia

e-mail: [Salmanov@polymetal.ru](mailto:Salmanov@polymetal.ru)

SPIN-code: 5268-9080

ЭКОНОМИКА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ /  
MINERAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION ECONOMICS

**Назарова Зинаида Михайловна** — доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой производственного и финансового менеджмента ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия  
e-mail: [nazarovazm@mgri.ru](mailto:nazarovazm@mgri.ru)  
тел.: + 7 (495) 255-15-10 (доб. 2142)  
SPIN-код: 4447-0660

**Zinaida M. Nazarova** — Dr. of Sci. (Econ.), Prof., Head of the Department of Production and Financial Management of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia  
e-mail: [nazarovazm@mgri.ru](mailto:nazarovazm@mgri.ru)  
tel.: + 7 (495) 255-15-10 (ext. 2142)  
SPIN-code: 4447-0660

**Леонидова Юлия Анатольевна\*** — кандидат экономических наук, доцент кафедры производственного и финансового менеджмента ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия  
e-mail: [leonidovaya@mgri.ru](mailto:leonidovaya@mgri.ru)  
тел.: + 7 (495) 255-15-10 (доб. 2078)  
SPIN-код: 9869-6281

**Yuliya A. Leonidova\*** — Cand. of Sci. (Econ.), Assoc. Prof. of the Department of Production and Financial Management of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia  
e-mail: [leonidovaya@mgri.ru](mailto:leonidovaya@mgri.ru)  
tel.: + 7 (495) 255-15-10 (ext. 2078)  
SPIN-code: 9869-6281

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-81-89>  
УДК 551.86



# ОСОБЕННОСТИ ОБСТАНОВОК ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕНОСА ОБЛОМОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ПЕРИОД ФОРМИРОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПАЛЕОБАССЕЙНОВ СЕВЕРА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЧНОЙ СЕТИ

Н.А. ОРЛОВА<sup>1,\*</sup>, М.В. ОРЛОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН «Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук»  
13, Уланский пер., г. Москва 101000, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов»  
129, корп. 1, Варшавское шоссе, г. Москва 117545, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** Любое изменение состава обломочного материала отражает смену палеогеографической обстановки, перемену направлений источников сноса, что указывает на изменение условий развития региона. Актуальность исследования заключена в разной направленности изучения наук о Земле: палеогеографии, неотектоники, стратиграфии, гидрологии, рельефообразования и др.

**Цель.** Определение генезиса речных долин и террасового комплекса северных районов Иркутской области.

**Материалы и методы.** Проведено исследование обломочного материала, входящего в состав верхнепалеозой-мезозойских осадочных отложений в северных районах Иркутской области. Работа направлена на реконструкцию контуров палеобассейнов осадконакопления каменноугольного, пермского и юрского возраста и условий формирования осадочных толщ. Проведена современная интерпретация результатов маршрутных и буровых работ, выполненных в 60—70-х гг. прошлого века.

**Результаты.** Определен характер развития речной сети и современный перенос обломочного материала. Установлено направление и источники сноса, а также условия переотложения обломочного материала на различных этапах геологического развития территории.

**Заключение.** Современная речная сеть северных районов Иркутской области наследует долины, сформированные под действием потоков катастрофического сброса ледниковых вод.

**Ключевые слова:** палеореконструкция, Нижняя Тунгуска, Большая Ерема, речные террасы, фациальный анализ, карбон, пермь, четвертичные отложения, источник сноса

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Орлова Н.А., Орлов М.В. Особенности обстановок осадконакопления и направление переноса обломочного материала в период формирования осадочных палеобассейнов севера Иркутской области и особенности формирования речной сети. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка.* 2023;65(5):81—89. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-81-89>

Статья поступила в редакцию 28.07.23

Принята к публикации 23.10.23

Опубликована 31.10.2023

\* Автор, ответственный за переписку

## SEDIMENTATION CONDITIONS AND CLAST TRANSPORT DURING THE FORMATION OF SEDIMENTARY PALEOBASINS IN THE NORTH OF IRKUTSK OBLAST AND RIVER NETWORK FORMATION

NADEZHDA A. ORLOVA<sup>1,\*</sup>, MICHAEL V. ORLOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS (IEG RAS)  
13/2, Ulansky lane, Moscow 101000, Russia*

<sup>2</sup> *Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals  
129, bld. 1, Varshavskoe Highway, Moscow 117545, Russia*

### ABSTRACT

**Background.** Changes in the composition of clastic material reflect changes in both the paleogeographic environment and clast transport paths. In turn, this indicates changes in the conditions of regional development. The research relevance is determined by multidirectionality of Earth sciences, such as paleogeography, neotectonics, stratigraphy, hydrology, relief formation, etc.

**Aim.** To establish the genesis of river valleys and bench complexes in the northern areas of the Irkutsk Oblast.

**Materials and methods.** The clastic material of the Upper Paleozoic–Mesozoic sedimentary deposits in the northern areas of the Irkutsk Oblast was studied. The work is aimed at reconstructing the contours of sedimentary paleobasins of the Carboniferous, Permian, and Jurassic ages and the conditions of sedimentary strata formation. The results of site investigation and drilling works carried out in the 1960s and 1970s were interpreted from the standpoint of modern information.

**Results.** The nature of river network formation and clast transport processes was determined. The direction and sources of clast transport were identified, along with the conditions of re-deposition of clastic material at different stages of the geological development of the area under study.

**Conclusions.** The modern river network in the northern areas of the Irkutsk Oblast is based on the valleys formed under the action of catastrophic glacial water discharge flows.

**Keywords:** paleoreconstruction, Nizhnyaya Tunguska, Bolshaya Yerema, river terraces, facies analysis, Carboniferous, Permian, Quaternary sediments, clast transport source

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**Financial disclosure:** no financial support was provided for this study.

**For citation:** Orlova N.A., Orlov M.V. Sedimentation conditions and clast transport during the formation of sedimentary paleobasins in the north of Irkutsk oblast and river network formation. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(5):81—89. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-81-89>

*Manuscript received 28 July 2023*

*Accepted 23 October 2023*

*Published 31 October 2023*

\* Corresponding author

### Введение

При изучении вещественного и гранулометрического состава осадочных комплексов позднего палеозоя и мезозоя обращает на себя внимание большое количество грубообломочного материала, состав которого не характерен для данного региона. Это свидетельствует

о дальнейшем переносе обломочного материала в формирующиеся осадочные бассейны. Любое изменение состава обломочного материала отражает смену палеогеографической обстановки, перемену направлений источников сноса, что указывает на изменение условий развития региона. Актуальность исследования заключена в разной

направленности изучения наук о Земле: палеогеографии, неотектоники, стратиграфии, гидрологии, рельефообразования и др.

Представленная работа выполнена в 2023 г. в рамках оценки территории на потенциальное наличие ряда полезных ископаемых. В работе использовались материалы геологических съемок различного масштаба, проведенные в разные годы. Современные представления о закономерностях формирования ледниковых отложений и форм рельефа позволили пересмотреть некоторые взгляды на историю развития речных долин данного региона. Развитые на площади породные комплексы характеризуются сильной изменчивостью как по разрезу, так и по латерали, что проявляется в изменениях литологического состава и мощности слоев. Неоднородность литологического состава связана с вариативностью условий осадконакопления.

Несмотря на собранный массив данных [2, 4, 8], источник сноса не рассматривался до настоящего времени, хотя подобная работа может дать представление о развитии территории и наметить дальнейшие перспективы в направлении ее изучения. Сведения об источниках обломочного материала играют важную роль для проведения палеогеографических реконструкций, дают анализ для определения последовательности осадочного седиментоза, помогают в построении тектонических и геодинамических моделей.

Также представляется интересным формирование основных водных артерий в четвертичное время, изменение систем стока и конфигураций водосборных бассейнов в ледниковую эпоху. Для условий накопления осадков как признаков изменения различных обстановок во времени обращено внимание на изменение литологического, гранулометрического состава и цвета в бортах речных долин.

#### Характеристика района исследований

Рассматриваемая территория расположена на севере Иркутской области. Основные водные артерии Нижняя Тунгуска, Чона, Лена имеют субмеридиональное или северо-восточное направление, доминирующее направление притоков — субширотное (рис. 1).

По геоморфологической схеме районирования [8] территорию относят к области центрально-тунгусского туфогенно-траппового ступенчато-ярусного плато с преобладанием расчлененного структурно-денудационного рельефа.

При проведении исследований основным методом являлся литолого-фациальный анализ, который

позволил определить условия накопления. Проведено литологическое изучение пород с выделением генетических признаков, при котором сопоставлялся состав гальки, степень ее окатанности и тяжелая фракция. От литогенетических признаков осуществлялся переход к палеогеографическим построениям. Характерной особенностью изучаемой территории является наличие привнесеного (экзотического) состава галечного материала, не характерного для данной местности, но обнаруженного при проведении буровых работ, которое подробно описано в геологическом строении территории.

Платформенный чехол в северных районах Иркутской области представлен отложениями кембрия, ордовика, силура (в меньшей степени), карбона, перми, триаса и юры, а также четвертичными отложениями, преимущественно аллювиальными. Отложения раннего палеозоя характеризуются выдержанностью состава по латерали, который характерен для глубоководных морских условий осадконакопления. Более того, естественное залегание отложений кембрия в периферийных частях Сибирской платформы нарушено влиянием байкальской складчатости. Все это делает раннепалеозойские отложения малоинформативными для палеореконовструкций и установления границ палеобассейнов. При описании состава отложений карбона, перми и юры выявлена высокая фациальная изменчивость, по которой были установлены границы морских бассейнов соответствующих возрастов, а анализ литологического состава грубообломочного материала и минералогического состава тяжелой фракции позволил установить источники сноса обломочного материала. Отложения триаса формировались в континентальных условиях, они связаны с вулканизмом соответствующего возраста и на описываемой территории развиты локально, формируясь вокруг вулканических очагов.

Каменноугольная система. Представлена отложениями тушамской и катской свит [1], которые сложены туфогенно-терригенными породами: песчаниками, алевролитами, аргиллитами, туфопесчаниками, туфоалевролитами, прослоями туфов, гравелитов и конгломератов. Грубообломочный материал представлен гравием и галькой подстилающих раннепалеозойских карбонатных пород разной степени окатанности, а также хорошо окатанным дальнепринесенным материалом: кварцитами, кислыми эффузивами, гранитоидами, сланцами. Для тушамской свиты характерно наличие тонких прослоев известняков. В катской



Рис. 1. Схема расположения участка  
Fig. 1. Plot layout

свите наблюдается уменьшение количества вулканогенных и грубообломочных разностей и появление в разрезе прослоев углей [3]. Минералогический состав тяжелой фракции обоих свит включает в себя циркон, гранат, магнетит, ильменит, сфен, эпидот, турмалин, пироксен, глауконит, апатит. Подобная ассоциация связана с разрушением кислых интрузивных и изверженных пород,

а также интрузивных пород щелочного состава. Условия седиментации мелководно-морские и прибрежно-морские.

Минералогический состав тяжелой фракции и петрографический состав грубообломочного материала в каменноугольных отложениях, а также степень окатанности обломков говорят о дальнем переносе и переотложении гранитов, кислых

вулканитов и метаморфических пород (кварциты, кристаллические сланцы).

Пермская система представлена отложениями бургу克林ской, пеляткинской и дегалинской свит. По строению и литологическому составу свиты схожи, основные различия заключаются в преобладании мелко- или крупнообломочного материала. Породы представлены переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов, местами углистых, с прослоями конгломератов, галечников и углей. В нижней части разреза (бургу克林ская и пеляткинская свиты) в подчиненном количестве встречаются тонкие линзы и прослои туфопесчаников и туфоалевролитов. В составе этих отложений присутствует грубообломочный дальнеприносной материал, представленный галькой кварца, гранита, кислых и средних эффузивов, кварцитов, кристаллических сланцев. Минералогический состав тяжелой фракции: магнетит, ильменит, циркон, гранат, пироксен, эпидот, турмалин, рутил, апатит. Состав тяжелой фракции указывает на то, что в питании данных осадочных толщ принимали участие кислые, щелочные и метаморфические породы. По условиям седиментации отложения относятся к прибрежно-морским и континентальным.

Минералогический состав тяжелой фракции и петрографический состав грубообломочного материала в пермских отложениях говорят о дальнеприносном характере этих осадков.

Триасовая система сложена вулканогенно-осадочными отложениями тутончанской и корвучанской свит. Нижняя часть разреза (тутончанская свита) сложена переслаиванием туфопесчаников, туфоалевролитов, туфоаргиллитов и мелкообломочных туфов. Грубообломочный материал присутствует только фрагментарно в базальном горизонте, представлен реликтово-переотложенными породами дегалинской и пеляткинской свит. Состав тяжелой фракции: магнетит-ильменит, гранат, циркон, эпидот. Условия седиментации толщи озерно-континентальные, о чем говорит отсутствие дальнеприносного «экзотического» материала.

Юрская система характеризуется самой большой площадью осадочного бассейна и при этом самой маленькой мощностью отложений. Выделяются три свиты: укугутская, вакулинская и чайкинская, но вопрос их положения в разрезе и распределения по площади остается дискуссионным. Свиты развиты фрагментарно, и различия в литологическом составе могут быть обусловлены фаціальными изменениями внутри одновозрастной толщи. Породы представлены

песчаниками, алевролитами, аргиллитами, песками с прослоями и линзами глин и углей, конгломератами. Петрографический состав грубообломочных дальнеприносных пород разнообразен: кварциты, кислые эффузивы, граниты, сиениты, яшмы, кристаллические сланцы. В составе тяжелой фракции преобладают магнетит, ильменит, гранат, пироксен, циркон, турмалин, сфен, апатит, эпидот. Все это указывает на дальнеприносной характер осадков.

Юрские отложения характеризуются сильной фаціальностью изменчивостью по латерали, поэтому говорить о единых условиях седиментации для всего региона нельзя. Они изменяются от мелководно-морских до прибрежно-морских и континентальных. Составление единой палеогеографической схемы для Иркутской области затруднено в связи с недостаточной изученностью.

Четвертичная система представлена аллювиальными и элювиально-делювиальными отложениями, содержит обломки «экзотических» пород.

Река Нижняя Тунгуска насчитывает шесть надпойменных террас, I и II надпойменные террасы развиты практически повсеместно, террасы с III по VI имеют фрагментарное развитие. Форма речных долин зависит от состава дренируемых пород. В местах, где присутствуют триасовые траппы, долины имеют типичную V-образную форму с крутыми берегами. На участках, где развиты терригенные осадочные породы, форма долин преимущественно корытообразная, асимметричная. Перед входом в зону траппов долины значительно расширяются с образованием меандров, стариц и озер, что связано с потерей динамики потока воды перед препятствием и приводит к изменению состава аллювия. Более мелкие притоки основных рек не имеют террасового комплекса и характеризуются на всем протяжении V-образной формой долин [6, 8].

Состав террасового аллювия по площади примерно одинаков — это песчано-глинистые отложения, в основании разреза преимущественно гравийно-галечные (рис. 3). Пойменные отложения — суглинки и супеси с включениями редкой гальки и щебня. Русловые отложения песчано-гравийно-галечные. Галька «экзотических» пород представлена кварцитами, яшмой, халцедоном, гранитами, кислыми эффузивами. Минералогический состав тяжелой фракции включает магнетит, ильменит, гранат, пироксен, лимонит, циркон, эпидот, сфен, что в целом соответствует составу подстилающих коренных пород.

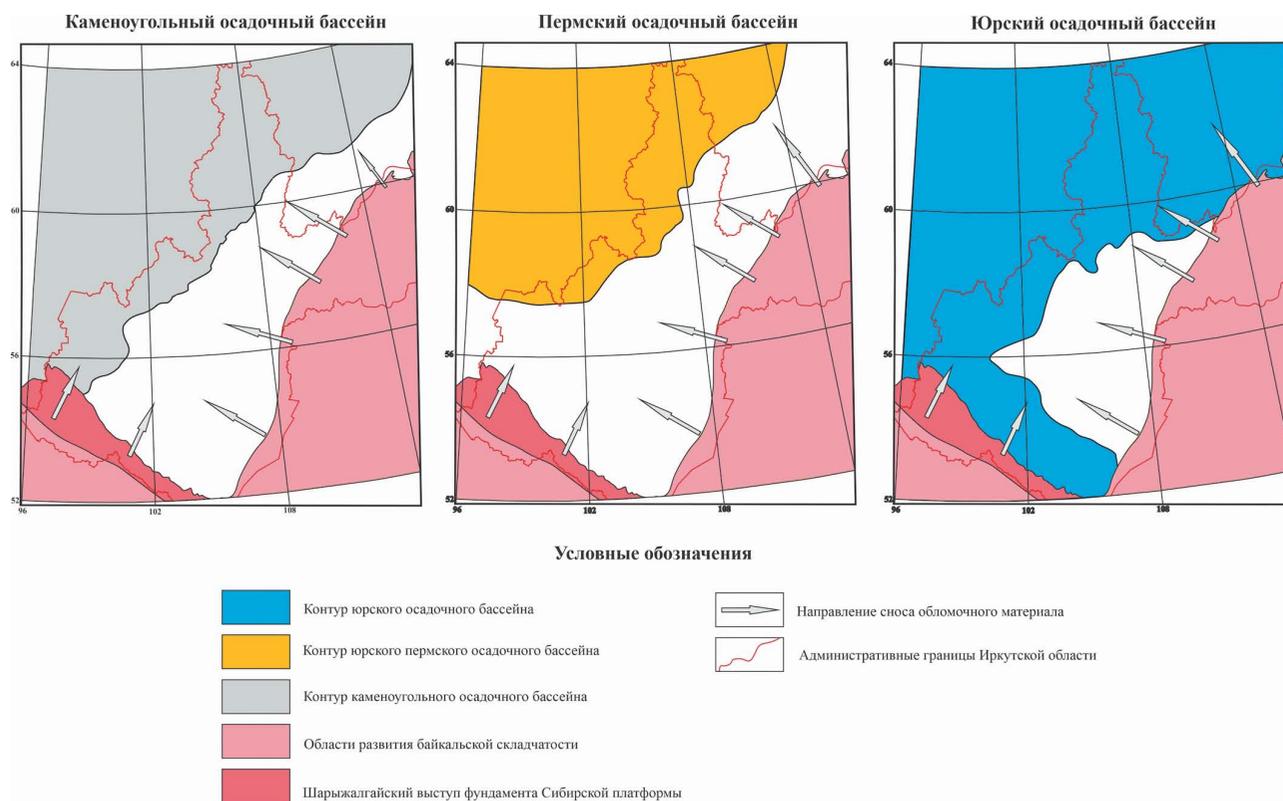
**Результаты исследований**

Минералогический состав тяжелой фракции и петрографический состав грубообломочного материала в каменноугольных, пермских и юрских отложениях, а также современных речных осадках говорит о размыве, дальнем переносе и переотложении гранитов, кислых и средних вулканитов, сиенитов и метаморфических пород (кварциты, яшмы, кристаллические сланцы и т.д.). Данные породные комплексы имеют широкое развитие в областях байкальской складчатости, развитой на востоке-юго-востоке Иркутской области и представленной Патомским нагорьем, Аткинским и Байкальским хребтами. Структуры байкальской складчатости, сформировавшиеся в рифее — раннем кембрии, образуют горную систему с относительными превышениями над ложем иркутского амфитеатра 1500—2000 м. Подобный перепад высот предполагает высокую скорость потока и дальность переноса обломочного материала. Таким образом, генеральное направление сноса обломочного материала в позднепалеозой-мезозойское время — с восток-юго-востока

на запад-северо-запад. Данное направление являлось преобладающим только для северных районов Иркутской области.

В юго-западных районах Иркутской области (Братск, Тайшет) преобладал снос материала с Шарыжалгайского выступа фундамента Сибирской платформы, о чем говорит изменение состава грубообломочного материала и тяжелой фракции. В первую очередь это проявляется в появлении галек пегматитов и кристаллических сланцев высокой стадии метаморфизма, а в составе тяжелой фракции — дистена и силлиманита, которые отсутствуют в северных районах.

На основе анализа особенностей строения и состава отложений, определения дальности и направления транспортировки были построены контуры палеобассейнов осадконакопления в разное геологическое время с направлением сноса обломочного материала (рис. 2). В областях с большим уровнем эрозионного среза контуры палеобассейнов восстанавливались по наличию останцов пород соответствующего возраста. Для этого использовались геологические карты М



**Рис. 2.** Реконструкция контуров палеобассейнов и источников сноса в каменноугольный, пермский и юрский периоды

**Fig. 2.** Reconstruction of contours of paleobasins and sources of demolition in the Carboniferous, Permian and Jurassic periods

1:200 000 и более крупного масштаба. На площадях, перекрытых более молодыми отложениями, граница палеобассейна устанавливалась по наличию естественных обнажений в эрозионных окнах, врезам современного рельефа, а также по данным структурно-картировочного и поискового бурения. Направление переноса обломочного материала и источники сноса определялись на основании анализа петрографического состава грубообломочного материала и минералогического состава тяжелой фракции, подобными методами широко пользуются отечественные и зарубежные специалисты [7, 9].

При изучении результатов буровых работ в долине Нижняя Тунгуска в районе п. Непа установлено, что в основании разреза четвертичных пород вскрыты песчано-гравийно-галечные отложения, связанные с высокоинтенсивными потоками, не свойственными современной гидросети (рис. 3). Гранулометрический состав, высокая степень сортировки обломочного материала и цвет отложений характерны для водно-ледниковых образований [Лаврушин Ю.А., Гептнер А.Р., Голубев Ю.К., (1986)].

Также характерной особенностью является изменение окраски пород террасового комплекса с бурой, желтовато-бурой, вишнево-бурой у более древних отложений на серую и зеленовато-серую у более молодых, отмечается уменьшение количества дальнепринесенного «экзотического» материала вверх по разрезу. Исходя

из этого можно предположить, что формирование наиболее древних террас происходило за счет размыва и переотложения ледниковых и водно-ледниковых отложений.

Таким образом, можно сделать вывод, что современная речная сеть наследует долины, сформированные под действием потоков катастрофического сброса ледниковых вод.

### Заключение

Анализ состава и строения терригенных комплексов, развитых в северных районах Иркутской области позволяет сделать следующие выводы:

1. Литолого-текстурные особенности каменноугольных, пермских и юрских отложений, а также наличие в составе тяжелой фракции глауконита свидетельствуют о морских условиях осадконакопления. Наличие в составе пород прослоев углей и большое количество углистого детрита говорит о жарком субтропическом климате и близости береговой линии.

2. Минеральный состав тяжелой фракции и петрографический состав грубообломочного материала свидетельствуют о наличии разных по составу размываемых пород источника сноса: интрузивных и эффузивных пород кислого и щелочного состава, метаморфических пород. Основным источником сноса обломочного материала в позднепалеозой-мезозойские



**Рис. 3.** Поперечный профиль долины реки Нижняя Тунгуска

**Fig. 3.** Transverse profile of the Lower Tunguska River valley

осадочные бассейны являлись структуры байкальской складчатости, представленные Патомским нагорьем и Байкальским хребтом.

3. Заложение основных современных речных долин произошло в раннечетвертичное время в результате таяния ледника.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Акулов Н.И., Машук И.М. Межбассейновая корреляция континентальных отложений девона и нижнего карбона Ангариды // Геология и геофизика. 2009. Т. 50, № 5. С. 550—565.
2. Воскресенский С.С. Геоморфология Сибири. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1962. С. 352.
3. Горшенина В.В., Коссовая О.Л., Ошуркова М.В., Збукова Д.В. Опыт создания Схемы межсерийной корреляции каменноугольных отложений Сибирской платформы // Региональная геология и металлогения. 2023. № 93. С. 28—51.
4. Думитрашко Н.В. Геоморфологический очерк долины верхней Лены // Труды Ин-та географии АН СССР. 1055. Т. 65, вып. 14. С. 196—222.
5. Лаврушин Ю.А., Гептнер А.Р., Голубев Ю.К. Ледовый тип седименто- и литогенеза. М.: Наука, 1986.
6. Макаров С.А. Строение речных долин Лено-Катангского плато // География и природные ресурсы. 2012. № 2. С. 62—67.
7. Малиновский А.И., Маркевич П.В. Тяжелые обломочные минералы островодужных комплексов Дальнего Востока // Тихоокеанская геология. 2007. Т. 26. № 1. С. 81—93.
8. Рыбаков В.Г., Алексеев С.П., Малых А.В. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые листов Р-48-XXIII, Р-48-XXIV, О-49-1, О-49-II. Отчет по опытно-производственной групповой геологической съемке м-ба 1:200 000 в 3-х томах. 1978.
9. Morton A.C., Hallsworth C.R. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones // Sediment. Geology. 1999. Vol. 124. P. 3—29.

### REFERENCES

1. Akulov N.I., Mashchuk I.M. Interbasin correlation of the Devonian and lower carboniferous Angarids continental deposits // Geology and Geophysics. 2009. Vol. 50, No. 5. P. 550—565.
2. Dumitrashko N.V. Geomorphological outline of the Upper Lena Valley // Proceedings of the Institute of Geography of the Academy of Sciences of the USSR. 1955. Vol. 65, no. 14. P. 196—222.
3. Gorshenina V.V., Kossova O.L., Oshurkova M.V., Zubkova D.V. Experience of compiling an interseries correlation chart of carboniferous deposits of the Siberian platform // Regional geology and metallogeny. 2023. No. 93. P. 28—51.
4. Lavrushin Yu.A., Heptner A.R., Golubev Yu.K. Ice type of sedimentation and lithogenesis. Moscow: Nauka, 1986.
5. Makarov S.A. Structure of river valleys on the Leno-Katangs Plateau // Geography and Natural Resources. 2012. Vol. 2. P. 62—67.
6. Malinovsky A.I., Markevich P.V. Heavy detrital minerals of island-arc complexes of the Far East // Pacific Geology. 2007. Vol. 26. No. 1. P. 81—93.
7. Morton A.C., Hallsworth C.R. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones // Sediment. Geology. 1999. V. 124. P. 3—29.
8. Rybakov V.G., Alekseev S.P., Malyh A.V. et al. Geological structure and minerals of sheets P-48-XXIII, P-48-XXIV, O-49-1, O-49-II. Report on pilot production group geological survey scale 1:200 000 (3 Volumes). 1978.
9. Voskresensky S.S. Geomorphology of Siberia. Moscow: Moscow University (Publ). 1962. P. 352.

### ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Орлова Н.А. — занималась сбором и адаптацией материалов, подготовила статью к публикации.

Орлов М.В. — осуществлял научное и методическое руководство, начертил графику.

Nadezhda A. Orlova — was engaged in the collection and adaptation of materials, prepared an article for publication.

Michael.V. Orlov — carried out scientific and methodological guidance, drew graphics.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Орлова Надежда Александровна\*** — младший научный сотрудник ФГБУН «Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук». 13, Уланский пер., г. Москва 101000, Россия  
e-mail: [iderlit@mail.ru](mailto:iderlit@mail.ru)  
тел.: +7 (926) 603-09-46  
SPIN-код: 3498-1866  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4882-7990>

**Nadezhda A. Orlova\*** — junior researcher Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS. 13/2 Ulansky lane, Moscow 101000, Russia  
e-mail: [iderlit@mail.ru](mailto:iderlit@mail.ru)  
tel.: +7 (926) 603-09-46  
SPIN-code: 3498-1866  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4882-7990>

**Орлов Михаил Викторович** — ведущий инженер ФГБУ «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» 129, корп. 1, Варшавское шоссе, г. Москва 117545, Россия  
e-mail: [m-orlovich@bk.ru](mailto:m-orlovich@bk.ru)  
тел.: +7 (916) 701-99-30  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8995-6572>

**Michael V. Orlov** — lead engineer, Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals 129, bld. 1, Varshavskoe Highway, Moscow 117545, Russia  
e-mail: [m-orlovich@bk.ru](mailto:m-orlovich@bk.ru)  
tel.: +7 (916) 701-99-30  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8995-6572>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



## ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ» В ИНСТИТУТЕ НАУК О ЗЕМЛЕ ЮФУ

Н.В. ГРАНОВСКАЯ\*, Т.В. ШАРОВА

*Южный федеральный университет  
105/42, Большая Садовая ул., г. Ростов-на-Дону 344006, Россия*

### АННОТАЦИЯ

Цифровизация затрагивает все сферы деятельности Южного федерального университета, включая подготовку студентов по образовательной программе «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых» в рамках специальности «Прикладная геология». Формулировка компетенций будущих горных инженеров-геологов осуществляется в тесной связи с запросами производства. В учебном процессе широко используются компьютерные программы (Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Access, Microsoft Power Point, CorelDraw, Sherpa, ArcGIS, Erdas Imagine, Surfer, Statistica, AutoCAD, Micromine, Surpac, QGIS, Snap).

**Ключевые слова:** цифровизация, образование, компьютерные технологии, горный инженер-геолог, Южный федеральный университет

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Грановская Н.В., Шарова Т.В. Цифровизация образовательной программы по специальности «Прикладная геология» в Институте наук о Земле ЮФУ. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2023;65(5):90—95. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-90-95>

*Статья поступила в редакцию 03.09.23*

*Принята к публикации 24.10.2023*

*Опубликована 31.10.2023*

\* Автор, ответственный за переписку

## DIGITALIZATION OF THE EDUCATIONAL PROGRAM OF APPLIED GEOLOGY AT THE INSTITUTE OF EARTH SCIENCES OF SOUTHERN FEDERAL UNIVERSITY

NATALIA V. GRANOVSKAYA\*, TATIANA V. SHAROVA

*Southern Federal University  
105/42, Bolshaya Sadovaya str., Rostov-on-Don 344006, Russia*

### ABSTRACT

Digitalization concerns all areas of activity of the Southern Federal University, including the educational course “Geological surveying, prospecting, and exploration of solid mineral deposits” taught to students in the Applied Geology program. The competencies of future mining engineers—

Proceedings of higher educational establishments  
Geology and Exploration  
2023;65(5):90—95

geologists are designed in close connection with the demands of employers. Computer programs are widely used in the educational process, including Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Access, Microsoft Power Point, CorelDraw, Sherpa, ArcGIS, Erdas Imagine, Surfer, Statistica, AutoCAD, Micromine, Surpac, QGIS, and Snap.

**Keywords:** digitalization, education, computer technology, mining engineer–geologist, Southern Federal University

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**Financial disclosure:** no financial support was provided for this study.

**For citation:** Granovskaya N.V., Sharova T.V. Digitalization of the educational program of applied geology at the institute of Earth sciences of Southern Federal University. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(5):90—95. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-90-95>

*Manuscript received 03 September 2023*

*Accepted 24 October 2023*

*Published 31 October 2023*

\* Corresponding author

Институт наук о Земле Южного федерального университета (ЮФУ) осуществляет подготовку студентов по специальности 21.05.02 «Прикладная геология» со специализацией «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых». В рамках данной образовательной программы используется широкий спектр цифровых технологий в связи с реалиями современного мира и актуальными запросами геологического производства.

**Процесс цифровизации всей системы ЮФУ** связан прежде всего с созданием функциональной электронной информационно-образовательной среды, которая обеспечивает комфортные условия для взаимодействия между сотрудниками и обучающимися. Использование информационных программных систем — Сервис балльно-рейтинговой системы (СБРС) и системы «1С: Университет», способствует формированию баз данных имеющихся ресурсов, созданию электронного документооборота, мониторингу успеваемости обучающихся и результативности работы преподавателей кафедр. С 2020 года в ЮФУ действует положение о ведении зачетной книжки в электронной форме без бумажных аналогов. Через электронные личные кабинеты студенты имеют возможность формировать портфолио, отслеживать свои текущие и промежуточные академические достижения, они пользуются цифровыми библиотеками, электронными расписаниями занятий и сессий, записываются на элективные дисциплины, мероприятия академической мобильности.

Организация образовательной деятельности в ЮФУ в соответствии с учебным планом, графиком учебного процесса и расписанием занятий может осуществляться с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий с полным сохранением всех объемов аудиторных занятий. Основным сервисом для реализации учебных занятий с применением дистанционных образовательных технологий является платформа Teams, разработанная компанией Microsoft. Эта цифровая платформа позволяет проводить лекционные и практические занятия в формате видеоконференций, взаимодействовать со студентами в чате, дает возможность размещать учебно-методические материалы, записи занятий и презентации лекций, создавать самостоятельные и контрольные задания, а также проводить контроль освоения учебного материала, включая электронное тестирование.

Использование цифровых технологий распространяется и на поступающих в университет абитуриентов, которым создается Личный кабинет, где осуществляется запись на мероприятия, формирование портфолио, анкетирование и прохождение вступительных испытаний. Проведение вступительных экзаменов, особенно для иностранных студентов, возможно с применением системы онлайн-Прокторинга.

**Цифровизация образовательной программы подготовки горных инженеров-геологов**, помимо общих процедур университета, включает мероприятия по освоению компетенций, связанных

с компьютерными технологиями, необходимость которых обусловлена современными запросами работодателей. В настоящее время в области геологии сохраняется дефицит кадров, которые обладают междисциплинарными компетенциями на стыке геологии и цифровых технологий. Целью цифровизации в сфере геологии является разработка и внедрение современных технологий, программных продуктов и аппаратных комплексов для решения ключевых задач геологического исследования недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы [1, 3—5, 7]. Эта цель должна учитываться при разработке профессиональных образовательных программ.

В августе 2020 года приказом Министерства образования и науки России утвержден Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) 3++ по специальности «Прикладная геология», в котором прослеживается тесная связь между вузом и потенциальным работодателем через использование профессиональных стандартов [6]. Набор универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, установленных образовательной программой, должен обеспечивать выпускнику способность квалифицированно осуществлять геологическую деятельность и решать необходимые профессиональные задачи на всех стадиях проведения геологоразведочных работ [2]. ФГОС ВО по специальности «Прикладная геология» предусматривает 16 общепрофессиональных компетенций, из которых две компетенции в категории «Технологическое проектирование»

направлены на формирование информационной культуры студента. Индикаторы достижения данных компетенций разрабатывались нами с учетом квалификационных требований к горному инженеру-геологу (табл.).

Для освоения указанных цифровых компетенций в учебный план образовательной программы «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых», реализуемой в ЮФУ, включены специальные дисциплины, использующие компьютерные программы [8]. Эти дисциплины равномерно распределены по всему сроку подготовки специалистов — от первого до пятого курсов и постепенно приближают обучающихся к профессиональным знаниям, навыкам и умениям.

Так, в течение двух семестров первого курса студенты изучают программы, входящие в состав пакета Microsoft Office. Программа Microsoft Word — текстовый процессор, предназначенный для создания, просмотра и редактирования текстовых документов. Программа Microsoft Excel — для работы с таблицами данных, позволяющими упорядочить, анализировать и графически представлять различные виды данных. Программа Microsoft Access предоставляет систему управления базами данных, с помощью которой специалист может легко систематизировать важную геологическую информацию. В программе Microsoft PowerPoint обучающиеся учатся создавать и просматривать презентации. На первом курсе студент также получает навыки работы в векторном графическом редакторе CorelDraw, который

**Таблица.** Общепрофессиональные компетенции, связанные с информационно-коммуникационными технологиями, и индикаторы их достижения

**Table 1.** General professional competencies related to information and communication technologies and indicators of their achievement

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций
ОПК-6. Способен работать с программным обеспечением общего, специального назначения, в том числе моделировать горные и геологические объекты	ОПК-6.1. Использует компьютерные технологии и их систематизации (в частности, геоинформационные системы — ГИС), технологии обработки и интерпретации, системы трехмерной (3D) визуализации и мониторинговые системы наблюдений. ОПК-6.2. Осуществляет работы с пакетами компьютерных программ, обеспечивающих сбор, первичный анализ и обработку геолого-геофизической информации; интерпретацию разнородных геологических, геофизических и буровых данных, в том числе с использованием технологий трехмерного (3D) моделирования
ОПК-8. Способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки информации, используя навыки работы с компьютером как средством управления информацией	ОПК-8.1. Использует современные методы, способы, средства поиска, обработки и анализа информации из разных источников и баз данных (с учетом применения современных цифровых инструментов и основных требований информационной безопасности). ОПК-8.2. Использует навыки работы с компьютером как средством управления информацией

является достаточно известной, универсальной и простой программой для построения геологической графики.

После первого курса, в период летней учебной практики по общей геологии, студенты используют мобильное программное приложение Sherpa, предназначенное для фиксации результатов полевых геологических маршрутных наблюдений. Приложение позволяет ориентироваться на местности, создавать и записывать трек маршрута, производить фиксацию полевых наблюдений (точки наблюдений, образцы, пробы, фотографии, горные выработки и т.д.), что существенно сокращает трудозатраты при формировании результирующих баз первичных данных и карты фактов.

В процессе освоения дисциплины «Основы геоинформатики» студенты работают с программным обеспечением ArcGIS, а именно с тремя взаимосвязанными базовыми приложениями: ArcMap, ArcCatalog и ArcToolbox. Их совместное использование позволяет решать ГИС задачи любой сложности в области картографирования, управления данными, пространственного анализа, редактирования данных и их геообработки. В рамках изучения дисциплины «Геоморфология и дистанционные методы в геологии» обучающиеся знакомятся с растровым графическим редактором Erdas Imagine и рассматривают принципы визуального и автоматизированного дешифрирования аэрокосмических снимков.

Геоинформационная система Surfer осваивается в курсе «Геофизические методы поисков и разведки». В программу заложены алгоритмы интерполяции, которые позволяют с высочайшим качеством создавать цифровые модели поверхности по неравномерно распределенным в пространстве данным. Дисциплина «Математические методы в геологии» знакомит студентов с универсальным пакетом Statistica по системному подходу к обработке данных: анализу закономерностей в данных, всестороннему и последовательному исследованию статистической информации, формированию статистических выводов. Программа является одной из наиболее популярных статистических программ для поиска закономерностей, прогнозирования, классификации и визуализации данных.

На старших курсах в течение трех семестров студенты изучают программное обеспечение, направленное на 3D-моделирование в геологии. Так, на четвертом курсе будущие горные инженеры-геологи знакомятся с графическим пакетом AutoCAD, который является мощным программным продуктом, позволяющим не только создавать

планы, чертежи, схемы, но и моделировать сложные горные выработки, а также дает возможность создания геологических объектов в трехмерном пространстве. На пятом курсе студенты осваивают навыки работы с горно-геологическими информационными системами Micromine и GEOVIA Surpac. Данные ГГИС относятся к передовому прикладному профессиональному программному обеспечению для горных инженеров-геологов в области геологоразведки и 3D-проектирования горных выработок, которые позволяют решать целый ряд задач: от обработки первичных полевых данных и создания геологической модели месторождения с последующей оценкой запасов до проектирования открытых и подземных горных работ.

Важным достижением образовательного процесса является возможность лучшим студентам пройти параллельный экзамен на владение программным обеспечением Micromine и получить от компании сертификат установленного образца, который подтверждает определенную ступень освоенности системы. Это значительно повышает ценность выпускника на рынке труда.

Помимо аудиторных занятий студенты имеют возможность улучшать свою квалификацию и осваивать цифровые компетенции во время производственных практик на профильных предприятиях, где активно используются навигаторы GPS, компьютерные программы Sherpa, ArcGIS, AutoCAD, Micromine, Datamine и др.

В связи с тем что запросы работодателей регулярно возрастают, в ближайшей перспективе образовательную программу по специальности «Прикладная геология» планируется дополнить двумя новыми свободно распространяемыми программными продуктами: QGIS и Snap, которые предназначены для работы с геопрограммной информацией.

Активной цифровизации программы подготовки горных инженеров-геологов способствует постоянно совершенствующееся материально-техническое обеспечение образовательного процесса в Южном федеральном университете, наличие достаточного количества компьютерных классов и необходимого лицензированного программного обеспечения. Преподаватели университета имеют реальные возможности проходить стажировки по освоению различных цифровых технологий, что повышает качество подготовки будущих специалистов. В образовательном процессе используются мастер-классы профессионалов-работодателей, в которых часто задействованы успешные выпускники Института наук о Земле ЮФУ.

Следует отметить, что студенческая среда очень быстро воспринимает новые цифровые технологии. Занятия с использованием компьютерных программ являются увлекательными и вписываются в общую компьютеризацию современного общества. У студентов повышается учебно-профессиональная мотивация, так

как они начинают ощущать свою востребованность на рынке труда.

За последние десятилетия цифровизация в сфере геологии развивается бурными темпами, и это является важнейшим стимулом для совершенствования образовательных программ при подготовке специалистов для горно-геологической отрасли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Варламов А.И., Гогоненков Г.Н., Мельников П.Н., Черемисина Е.Н. Состояние и перспективы развития цифровых технологий в нефтегазовой геологии и недропользовании России // Геология нефти и газа. 2021. № 3. С. 5—20. DOI: 10.31087/0016-7894-2021-3-5-20
2. Верчеба А.А. Подготовка кадров для горно-геологической отрасли России // Горные науки и технологии. 2021. Т. 6. № 2. С. 144—153. DOI: 10.17073/2500-0632-2021-2-144-153
3. Лукичёв С.В. Цифровое прошлое, настоящее и будущее горнодобывающих предприятий // Горная промышленность. 2021. № 4. С. 73—79. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-4-73-79
4. Наговицын О.В., Лукичев С.В. Горно-геологические информационные системы — история развития и современное состояние. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2016. 196 с.
5. Тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции «Цифровые технологии в горном деле». Апатиты: Издательство ФИЦ КНЦ РАН, 2023. 74 с.
6. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования — специалитет по специальности 21.05.02 Прикладная геология. М.: Минобрнауки, 2020. 11 с. URL: [https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Spec/210502\\_C\\_3\\_18062021.pdf](https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Spec/210502_C_3_18062021.pdf) (дата обращения: 03.09.2023).
7. Черемисина Е.Н., Костылева Т.В., Мурадян А.В. Цифровизация в геологоразведке: обзор и анализ современного состояния // Геоинформатика. 2021. № 4. С. 18—27. DOI: 10.47148/1609-364X-2021-4-18-27
8. Шарова Т.В. Информационные технологии в производственных практиках студентов-геологов // Практика геологов на производстве: сб. тр. IV Всероссийск. студ. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону — Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. С. 24—27.

## REFERENCES

1. Varlamov A.I., Gogonenkov G.N., Mel'nikov P.N., Cheremisina E.N. The state and prospects of development of digital technologies in oil and gas geology and subsoil use in Russia // Geology of oil and gas. 2021. No. 3. P. 5—20 (In Russian). DOI: 10.31087/0016-7894-2021-3-5-20
2. Vercheba A. A. Training of personnel for the mining and geological industry of Russia // Mining sciences and Technologies. 2021. T. 6. No. 2. P. 144—153 (In Russian). DOI: 10.17073/2500-0632-2021-2-144-153 (Accessed 3 september 2023).
3. Lukichjov S.V. Digital past, present and future of mining enterprises // Mining industry. 2021. No. 4. P. 73—79 (In Russian). DOI: 10.30686/1609-9192-2021-4-73-79
4. Nagovicyn O.V., Lukichev S.V. Mining and geological information systems — history of development and current state. Apatity: KNC RAN publ., 2016. 196 p. (In Russian).
5. Abstracts of the All-Russian Scientific and Technical Conference “Digital technologies in Mining”. Apatity: FIC KNC RAN publ., 2023. 74 p. (In Russian).
6. Federal State educational standard of higher education — specialty in the specialty 21.05.02 Applied Geology. Moscow: Ministry of Education and Science, 2020. 11 p. (In Russian). URL: [https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Spec/210502\\_C\\_3\\_18062021.pdf](https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Spec/210502_C_3_18062021.pdf) (accessed 3 September 2023).
7. Cheremisina E.N., Kostyleva T.V., Muradjan A.V. Digitalization in geological exploration: review and analysis of the current state // Geoinformatics. 2021. No. 4. P. 18—27 (In Russian). DOI: 10.47148/1609-364X-2021-4-18-27 (Accessed 3 september 2023).
8. Sharova T.V. Information technologies in the production practices of students-geologists // The practice of geologists in production: proceedings of the IV All-Russian Student Scientific and Practical Conference. Rostov-on-Don — Taganrog: YuFU publ., 2019. P. 24—27 (In Russian).

## ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Грановская Н.В. — обобщила опыт использования компьютерных технологий при подготовке горных инженеров-геологов в Институте наук о Земле Южного федерального университета, разработала концепцию статьи, подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Шарова Т.В. — сделала анализ цифровых технологий, используемых в Южном федеральном университете, дала характеристику компьютерных программ, используемых при реализации образовательной программы по специальности «Прикладная геология», разработала концепцию статьи, подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Natalia V. Granovskaya — summarized the experience of using computer technologies in the training of mining engineers-geologists at the Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University, developed the article concept, prepared the text, approved the final version of the article and accepted the responsibility for all aspects of the work.

Tatiana V. Sharova — made an analysis of digital technologies used at the Southern Federal University, gave a description of computer programs used in the implementation of the educational program in Applied Geology, developed the article concept, prepared the text, approved the final version of the article and accepted the responsibility for all aspects of the work.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Грановская Наталья Васильевна\*** — кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры месторождений полезных ископаемых Института наук о Земле Южного федерального университета.  
105/42, Большая Садовая ул., Ростов-на-Дону 344006, Россия  
e-mail: [grannv@sfedu.ru](mailto:grannv@sfedu.ru)  
SPIN-код: 4941-5286  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5232-1960>

**Шарова Татьяна Викторовна** — кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры месторождений полезных ископаемых Института наук о Земле Южного федерального университета, заместитель директора Института наук о Земле ЮФУ по учебной работе.  
105/42, Большая Садовая ул., Ростов-на-Дону 344006, Россия  
e-mail: [tvsharova@sfedu.ru](mailto:tvsharova@sfedu.ru)  
SPIN-код: 9975-9354  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1413-0239>

**Natalia V. Granovskaya\*** — Cand. of Sci. (Geol.-Min.), Associate Professor of the Department of Mineral Deposits of the Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University.  
105/42, Bolshaya Sadovaya str., Rostov-on-Don 344006, Russia  
e-mail: [grannv@sfedu.ru](mailto:grannv@sfedu.ru)  
SPIN-code: 4941-5286  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5232-1960>

**Tatiana V. Sharova** — Cand. of Sci. (Geol.-Min.), Associate Professor of the Department of Mineral Deposits of the Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University, Deputy Director of the Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University for Academic Work.  
105/42, Bolshaya Sadovaya str., Rostov-on-Don 344006, Russia  
e-mail: [tvsharova@sfedu.ru](mailto:tvsharova@sfedu.ru)  
SPIN-code: 9975-9354  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1413-0239>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



## УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ПО ЛИТОЛОГИИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

В.Г. КУЗНЕЦОВ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина  
65, Ленинский просп., г. Москва 119991, Россия*

<sup>2</sup> *Институт проблем нефти и газа РАН  
3, ул. Губкина, г. Москва 119333, Россия*

### АННОТАЦИЯ

Карбонатные породы составляют пятую часть осадочной оболочки Земли, имеют важное экономическое значение и содержат значительную информацию о механизмах и обстановках своего образования. Их изучение позволяет не только реконструировать обстановки древних эпох, но и устанавливать эволюцию этих обстановок. Рецензируемые издания — хороший пример учебных пособий по изучению и описанию этих пород в вузовских курсах.

**Ключевые слова:** учебные пособия, карбонатные породы, состав, структура, классификации, происхождение

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** работа выполнена в рамках госзадания ИПНГ РАН (тема № 122022800270-0)

**Для цитирования:** Кузнецов В.Г. Учебные пособия по литологии карбонатных пород. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2023;65(5):96—98. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-96-98>

*Статья поступила в редакцию 19.06.23  
Принята к публикации 24.10.2023  
Опубликована 31.10.2023*

## TEXTBOOKS ON LITHOLOGY OF CARBONATE ROCKS

VITALY G. KUZNETSOV<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *National University of Oil and GAS  
65 Leninsky ave., Moscow 119991, Russia*

<sup>2</sup> *Oil and Gas Research Institute RAS  
3, Gubkina str., Moscow 119333, Russia*

### ABSTRACT

Carbonate rocks cover one fifth of the Earth's sedimentary cover, having great economic significance and bearing important information about the mechanisms and settings of their formation. Research into carbonate rocks allows not only the settings of ancient epochs to be reconstructed, but also to the evolution of those settings to be established. Peer-reviewed textbooks are a good source of learning materials for university students investigating the origin and specifics of these rocks.

**Keywords:** textbooks, carbonate rocks, composition, classification, origin

**Conflict of interest:** the author declares no conflict of interest.

**Financial disclosure:** The study was performed within financial support of the state assignment of OGRI RAS (Theme No122022800270-0).

**For citation:** Kuznetsov V.G. Textbooks on lithology of carbonate rocks. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(5):96—98.  
<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-96-98>

*Manuscript received 19 June 2023*

*Accepted 24 October 2023*

*Published 31 October 2023*

Карбонатные породы практически в равной степени с породами обломочными — 20,4 и 25,0 % соответственно — составляют в сумме практически половину осадочной оболочки Земли [2]. Трудно переоценить также экономическое значение этих пород. Подавляющая часть запасов нефти и газа сосредоточена в терригенных и карбонатных резервуарах, причем с началом третьего тысячелетия больше половины этих запасов приходится именно на резервуары карбонатного состава. Этим далеко не исчерпывается экономическое значение этих пород, поскольку они являются основой создания строительных материалов, и прежде всего цемента, содержат значительные запасы полиметаллических руд и других полезных ископаемых. Нельзя не отметить и, если можно так выразиться, чисто научное значение этих пород. Исследование именно карбонатных пород установило изменение их состава в течение геологического времени — постепенную смену доломитов известняками, что положило начало изучения эволюции осадочного породообразования в целом.

Совершенно естественно, что карбонатным породам и их изучению отводится важная роль в целом ряде геологических дисциплин, и прежде всего в литологии. Одним из, если можно так выразиться, «вещественных» проявлений этого является подготовка и практически одновременное издание специальных учебных пособий по карбонатным породам в двух ведущих отечественных вузах: в МГРИ имени Серго Орджоникидзе [1] и на геологическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова [3].

Содержание двух указанных изданий в целом однотипно, что, естественно, отражает общий многолетний опыт изучения и, главное, преподавания этого раздела литологии в вузах страны.

В обоих пособиях даются определение карбонатной породы и классификации этих пород, основанные на различных базовых принципах: вещественных (минеральных), структурных, генетических. При этом, как правило, отмечаются положительные и нельзя сказать «отрицательные», но, если мягко сформулировать, не всегда удачные стороны каждой из них. Такие сведения показывают студентам, что сами классификации могут быть

основаны на разных принципах, на разных основаниях, и это не недостаток той или иной схемы, а объективная реальность и вполне закономерный процесс познания.

Важно подчеркнуть, что приводятся не только отечественные схемы, но и основные зарубежные, которые, кстати говоря, достаточно широко, особенно среди нефтяников, используются и в отечественной литературе. Оба автора излагают этот материал весьма объективно, не указывая, что где-то лучше, где-то хуже.

Еще одно принципиально важное замечание. Все современные классификации основаны на объективных, в целом однозначно устанавливаемых разными авторами показателях, а именно на составе и структуре. Так называемые генетические классификации, которые недавно считались «высшей формой», остались в прошлом — состав и структуры определяются всеми исследователями в целом одинаково, а в интерпретации могут быть различны.

Авторы каждого пособия, что естественно, достаточно подробно характеризуют, с одной стороны, оптические свойства образующих эти породы минералов и с другой — основные структурные компоненты этих пород, такие как пеллоиды, оолиты, онколиты, пизолиты и т. д., и, что совершенно необходимо для карбонатных пород, дается характеристика и описание различных органических остатков, практически повсеместно встречающихся в карбонатных породах и определяющих их строение — структуры и нередко текстуры карбонатных пород, равно как само образование этих пород.

Естественно, что при общей однотипности содержания в пособиях существуют и некоторые отличия, характеризующие личные интересы, знания и, соответственно, методики подачи и изложения материала. Так, в пособии А.В. Агафоновой приведены характеристики и дано описание конкретных типов карбонатных пород, а Ю.В. Ростовцева уделила особое внимание способам и обстановкам карбонатонакопления, а также, очень кратко, эволюции этих способов и обстановок формирования карбонатных осадков в геологической истории Земли. Это очень условная и никак

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ / CRITICS AND BIBLIOGRAPHY

не негативная характеристика рецензируемых изданий. Подобные обстоятельства — это, возможно, невольное отражение некоторой специфики преподавания в разных вузах — более теоретическое, «научное» в МГУ и с большим уклоном в «практику» — в МГРИ.

Ни в коей мере не ставя целью подробный анализ работ и критический разбор тех или иных положений, все же беру на себя смелость сделать одно замечание. Вряд ли для изучения студентами двадцатых годов третьего тысячелетия стоит отсылать их к публикациям середины прошлого века, в частности по проблеме образования доломитовых пород [4], что сделано на 16-й странице книги Г.А. Агафоновой. Дело в том, что в указанном сборнике практически все статьи четко придерживаются одной генеральной линии по вопросу происхождения доломитов и лишь в одной

статье обсуждаются и аргументируются иные представления. Парадокс истории заключается в том, что к настоящему времени представления и объяснения, бывшие тогда ведущими, не просто кардинально изменились, но практически забыты, в то время как «крамольная» схема — при вторичной доломитизации — активно реализуется, подтверждается и дополняется фактами.

Безусловным достоинством обоих пособий являются многочисленные, разнообразные и прекрасные иллюстрации.

К сожалению, оба пособия будут ограничены в использовании только в соответствующих вузах. По крайней мере, автор настоящей рецензии по мере сил и возможностей постарается донести материалы обеих изданий до сведения своих студентов, обсуждать и комментировать их на занятиях в РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонова Г.В. Карбонатные породы: породообразующие компоненты, структуры, классификации. М.: РГГРУ им. С. Орджоникидзе. 2022. 224 с. С илл.
2. Ронов А.Б. Стратосфера, или осадочная оболочка Земли (количественное исследование) М.: Наука, 1993. 144 с.
3. Ростовцева Ю.В. Карбонатные породы: классификации, породообразующие минералы и компоненты: учебное пособие. М.: МАКС пресс, 2023. 116 с. С илл.
4. Типы доломитовых пород и их генезис. Тр. ГИН РАН СССР. Вып. 4. Изд. АН СССР. М., 1956. 378 с.

### REFERENCES

1. Agafonova G.V. Carbonate rocks: rock-forming components, structures, classifications. Moscow: RGGRU n.a. S. Ordzhonikidze Publ., 2022. 224 p. (In Russian).
2. Ronov A.B. The stratosphere, or sedimentary shell of the Earth (quantitative study). Moscow: Nauka Publ., 1993. 144 p. (In Russian).
3. Rostovceva Yu.V. Carbonate rocks: classifications, main minerals, and particles. Moscow: MAKS Press Publ., 2023. 116 p. (In Russian).
4. Types of dolomite rocks and their genesis. Proc. of the GIN RAN USSR, Moscow, GIN RAN USSR Publ., 1956. Vol. 4. 378 p. (In Russian).

### ВКЛАД АВТОРА / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Кузнецов В.Г. — внес вклад в разработку концепции статьи, подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Vitaly G. Kuznetsov — contributed to the development of the concept of the article, prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agreed to assume responsibility for all aspects of the work.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Кузнецов Виталий Германович** — доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры литологии Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, ведущий научный сотрудник ИПНГ РАН.  
65, Ленинский просп., Москва 119991, Россия  
3, ул. Губкина, Москва 119333, Россия  
e-mail: [vgkuz@yandex.ru](mailto:vgkuz@yandex.ru)  
тел.: + 7 (499) 507-85-77, + 7 (905) 708-47-57  
SPIN-код: 9477-8454  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4425-0119>

**Vitaly G. Kuznetsov** — Dr. of Sci. (Geol.-Mineral.), Prof. of the Department of Lithology of Gubkin University; Leading Researcher at the Oil and Gas Research Institute of RAS.  
65, Leninsky ave., Moscow 119991, Russia  
3, Gubkin str., Moscow 119333, Russia  
e-mail: [vgkuz@yandex.ru](mailto:vgkuz@yandex.ru)  
tel.: + 7 (499) 507-85-77, + 7 (905) 708-47-57  
SPIN-code: 9477-8454  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4425-0119>



Академик Российской академии наук

## АЛЕКСЕЙ ЭМИЛЬЕВИЧ КОНТОРОВИЧ

(28 января 1934 г. — 24 октября 2023 г.)

Отделение наук о Земле РАН понесло невосполнимую утрату. 24 октября 2023 г. ушел из жизни выдающийся советский и российский ученый, академик РАН **Алексей Эмильевич Конторович**, специалист с мировым именем в области геологии и геохимии нефти и газа.

А.Э. Конторович — создатель всемирно известной научной школы в области геологии и геохимии нефти и газа, один из первооткрывателей Западно-Сибирской и Лено-Тунгусской нефтегазоносных провинций. После окончания Томского государственного университета А.Э. Конторович работал в Научно-исследовательском институте Министерства геологии СССР — СНИИГГиМС, где он и сформировался как крупный специалист в области геологии нефти и газа.

Практически все крупные научные проекты, направленные на развитие сырьевой базы нефтяной и газовой промышленности, были выполнены под руководством и при личном участии академика А.Э. Конторовича.

А.Э. Конторович внес неоценимый вклад в развитие экономики нефтегазового комплекса,

в научное обоснование и обнаружение Западно-Сибирской, Лено-Тунгусской и Лено-Вилюйской нефтегазоносных провинций; теоретически спрогнозировал открытие нефтегазоносности докембрия. Им выполнен обширный цикл исследований по глобальным и региональным оценкам ресурсов нефти и газа.

А.Э. Конторович был выдающимся государственным человеком. Интересы России для него стояли превыше всего. Он активно участвовал в разработке стратегических документов, определяющих приоритетные направления социально-экономического развития страны, в первую очередь — топливно-энергетического комплекса, программ укрепления сырьевой базы нефтяной и газовой промышленности, стратегии формирования новых баз добычи нефти и газа.

Алексей Эмильевич — организатор и руководитель крупных научных и научно-производственных коллективов. Он принадлежал к категории ученых, нацеленных на конечный результат, на инновации, на крупномасштабное практическое применение своих научных разработок.

## НЕКРОЛОГ / MEMORIAL

Не оставляя работу в Институте нефти и газа им. А.А. Трофимука СО РАН, А.Э. Конторович руководил Кемеровским научным центром СО РАН и в труднейшее время провел системную перестройку работы центра, тем самым реализовав стратегию СО РАН по развитию академической науки в Кузбассе.

По его инициативе был организован единственный в России Федеральный исследовательский центр угля и углехимии. В последние годы Алексей Эмильевич был сконцентрирован на разработке парадигмы развития нефтегазового комплекса России в XXI веке, изучении геологии, нефтегазоносности и технологии разведки и добычи трудноизвлекаемых запасов нефти.

Заслуги и достижения А.Э. Конторовича по достоинству оценены правительственными наградами, премиями и званиями. Решением Министерства природных ресурсов и Администрации Томской

области за большие заслуги в создании минерально-сырьевой базы Томской области и в связи с семидесятилетием Обское нефтяное месторождение было переименовано в Конторовичское (2008 г.).

Алексей Эмильевич обладал не только высочайшим профессионализмом, талантом создателя и надежностью; его также отличало доброе отношение к людям и большое человеческое обаяние.

Светлая память об Алексее Эмильевиче Конторовиче навсегда сохранится в сердцах его многочисленных коллег, благодарных учеников и друзей.

Отделение наук о Земле РАН глубоко скорбит об уходе Алексея Эмильевича Конторовича. Выражаем глубокие соболезнования Сибирскому отделению РАН, Владимиру Алексеевичу Конторовичу, всем, кто знал и любил этого великого человека.

