

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

2022

Том 64, № 5
Vol. 64, #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 64, № 5

2022

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 (MGRI)

PROCEEDINGS OF HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS

GEOLOGY AND EXPLORATION

Scientific methodological journal

Vol. 64, No. 5

2022

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

Иностранные 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

GEOLOGY AND EXPLORATION

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, исполняющий обязанности ректора, 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, проректор по научной работе, 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, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, 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	https://doi.org/10.32454/
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 https://www.geology-mgri.ru E-mail: journal-geology@mgri.ru
Тираж	100 экз.
Дата выхода в свет	19.12.2022
Типография	Отпечатано в ООО «Издательство «Триада»: 9, оф. 514, Чайковского пр., г. Тверь 170034, Россия
Копирайт	© Известия высших учебных заведений. Геология и разведка, 2022
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 Verdoya, 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, Acting 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, Vice-Rector for Scientific Work, 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., Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, 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	https://doi.org/10.32454/
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 https://www.geology-mgri.ru E-mail: journal-geology@mgri.ru
Circulation	100 copies
Publication date	19.12.2022
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

ГЕОЭКОЛОГИЯ

- 9 УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КАК ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИИ: ПОНЯТИЕ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**
Е.В. ПАНОВА

ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

- 24 УГЛЕВОДОРОДНЫЕ СИСТЕМЫ ТУРКМЕНСКОГО СЕКТОРА ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО БАСЕЙНА**
У.С. СЕРИКОВА, М.А. АЛЛАНАЗАРОВА, Э.З. ИДИЯТУЛЛИНА
- 41 ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ПЛАСТОВЫХ ДАВЛЕНИЙ В АКВАТОРИИ ПРИСАХАЛИНСКОГО ШЕЛЬФА**
А.К. ШАТЫРОВ
- 54 АРКТИЧЕСКИЕ ОБЛАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ГАЗОНЕФТЕНОСНОСТИ. ПЕРСПЕКТИВЫ НОВЫХ ОТКРЫТИЙ**
Е.В. СКОРОБОГАТОВА

ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

- 64 ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФОСФАТНЫХ РУД ПРИ ИХ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ (НА ПРИМЕРЕ КОВДОРСКОГО АПАТИТ-ШТАФФЕЛИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)**
Е.Б. ЯНИЦКИЙ
- 73 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПОИСКА АНИЗОТРОПНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПРИ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ НА ПРИМЕРЕ РУДНОГО ТЕЛА ВЕРХНЕЕ МНОГОВЕРШИННОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**
Р.А. СКРУЙБИТЕ, Ш.И. ФАХРУТДИНОВ

ТЕХНИКА ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

- 86 ПЛАНЕТАРНЫЕ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИЕ ОРГАНЫ И ПРОХОДКА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН**
В.Л. СЕРИПКА, Л.Х. МИНЯЗЕВА

ЭКОНОМИКА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

- 94 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДОНБАССА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**
С.М. ПОПОВ, Э.А. ПОПОВА, И.Г. ТУМОЯН

GEOECOLOGY

- 9 SUSTAINABLE DEVELOPMENT AS A BASIS FOR ENVIRONMENTAL POLICY
IN THE RUSSIAN FEDERATION: CONCEPT AND MAIN CHARACTERISTICS**
ELENA V. PANOVA

GEOLOGY AND PROSPECTING FOR HYDROCARBON RESERVES

- 24 HYDROCARBON SYSTEMS IN THE TURKMEN SECTOR OF THE SOUTH CASPIAN BASIN**
ULYANA S. SERIKOVA, MEHRIBAN A. ALLANAZAROVA, ELMIRA Z. IDIYATULLINA
- 41 DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF ABNORMAL FORMATION PRESSURES
IN THE AQUATIC AREA OF THE SAKHALIN SHELF**
ANAR K. SHATYROV
- 54 ARCTIC REGIONS OF WESTERN SIBERIA. A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE GEOLOGICAL
STRUCTURE AND GAS AND OIL PRESENCE. PROSPECTS FOR NEW DISCOVERIES**
EKATERINA V. SKOROBOGATOVA

GEOLOGY AND PROSPECTING FOR SOLID MINERAL DEPOSITS

- 64 IMPROVING THE GEOMETRIZATION RELIABILITY OF QUALITATIVE INDICATORS
OF PHOSPHATE ORES DURING THEIR OPEN MINING ON THE EXAMPLE OF THE KOVDORSKOYE
APATITE AND STAFFELITE ORE FIELD**
EVGENIY B. YANITSKIY
- 73 GEOLOGICAL FOUNDATIONS FOR DETERMINATION OF ANISOTROPIC DIRECTIONS
IN GEOSTATISTICAL MODELING ON THE EXAMPLE OF VERKHNEE OREBODY
OF THE MNOGOVERSHINNOE GOLD DEPOSIT**
RASA A. SKRUYBITE, SHAMIL I. FAKHRUTDINOV

GEOLOGICAL EXPLORATION TECHNIQUE

- 86 PLANETARY ROCK-BREAKING BODIES AND HORIZONTAL DRILLING**
VITALY L. SKRIPKA, LOUISA H. MINYAZEVA

ECONOMY OF MINERAL RAW MATERIALS AND GEOLOGICAL EXPLORATION WORKS

- 94 ECONOMIC ESTIMATION OF THE MINERAL RESOURCE BASE OF DONBASS:
STATUS AND PROSPECTS**
SERGEY M. POPOV, ELINA A. POPOVA, ILIA G. TUMOIAN



MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION
REPUBLIC OF AZERBAIJAN



УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Институт нефти и газа Министерства науки и образования
Азербайджанской Республики

Приглашает вас

23–26 мая 2023 года

принять участие в Международной научно-практической конференции

«ГЕЙДАР АЛИЕВ И НЕФТЯНАЯ СТРАТЕГИЯ АЗЕРБАЙДЖАНА: ДОСТИЖЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОТЕХНОЛОГИЙ»,

посвященной 100-летию общенационального лидера азербайджанского народа Гейдара Алиева

НАУЧНЫЕ СЕССИИ

- История развития науки и техники
(Общенациональный лидер азербайджанского народа Гейдар Алиев и стратегия развития нефтедобывающей промышленности Азербайджана)
- Геология, геохимия, поиски и разведка месторождений нефти и газа, оценка углеводородных ресурсов, анализ и моделирование углеводородных систем
- Геофизические методы и современные технологии поисков и разведки нефти и газа
- Разработка и освоение нефтегазовых месторождений, бурение и механика горных пород

НАУЧНЫЙ ФОРУМ

- Дегазация Земли, эмиссии парниковых газов и условия захоронения углекислого газа

Место проведения конференции: г. Баку, Азербайджанская Республика.

СКОРО ОТКРОЕТСЯ ПРИЕМ ТЕЗИСОВ

E-mail: conference.ogi@gmail.com



<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-9-23>
УДК 338.2+504.06



УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КАК ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИИ: ПОНЯТИЕ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Е.В. ПАНОВА

*Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации
1, ул. Охотный ряд, г. Москва 103265, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Российская экологическая политика прошла несколько этапов своего развития: от максимального извлечения ресурсов до перехода к их рациональному использованию, что было напрямую связано с целями государства, стратегическими задачами и экономической ситуацией. На экологическую политику России значительное влияние оказывает тот факт, что существенную роль в структуре экономики страны играют сырьевые ресурсы.

Цель. Изучение экологической политики России, определение роли природных ресурсов в ее формировании и реализации.

Материалы и методы. Для изучения современной экологической политики были исследованы периоды становления и развития концепции устойчивого развития. Проанализирована обширная законодательная база и стратегические документы, регулирующие данное направление. Автор выделяет три этапа становления концепции экологического развития: кризисная экономика, экологизация общества, обеспечение баланса. Современный этап связан с ответственным отношением к природным богатствам и окружающей среде, что сопровождается снижением выбросов в атмосферу, модернизацией производств, ликвидацией накопленного ущерба, восстановлением экосистем. Рассмотрены различные форматы отношений государства и общества, государства и бизнеса.

Результаты. Проведенный анализ позволяет говорить о существенном влиянии экономической ситуации и глобализации на реализацию экологической политики. Широко распространенная в публичном пространстве климатическая повестка обладает взаимоисключающим потенциалом: консолидирующим и разделительным одновременно. Объединение ресурсов нескольких стран усиливает их позиции, а разница экономик и технологического развития оказывает существенное влияние на их конкурентоспособность.

Заключение. Автор приходит к выводу, что у России и российских компаний остаться вне повестки устойчивого развития не получится. Во-первых, значительное влияние на устойчивость оказывают технологии и доступность природных ресурсов. Во-вторых, у многих крупных отечественных компаний среди учредителей — иностранные участники, которые включены в процессы глобализации и реализации международных соглашений. Таким образом, по мнению автора, в ближайшее время актуален пересмотр стратегий и союзов, обязательств и отношений, что может внести существенные коррективы в экологическую политику.

Ключевые слова: устойчивое развитие, экологическая политика, климатические изменения

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Панова Е.В. Устойчивое развитие как основа экологической политики России: понятие и основные характеристики. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2022;64(5):9—23. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-9-23>

Статья поступила в редакцию 01.12.2022
Принята к публикации 12.12.2022
Опубликована 19.12.2022

SUSTAINABLE DEVELOPMENT AS A BASIS FOR ENVIRONMENTAL POLICY IN THE RUSSIAN FEDERATION: CONCEPT AND MAIN CHARACTERISTICS

ELENA V. PANOVA

*The State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation
1, Okhotny Ryad str., Moscow 103265, Russia*

ABSTRACT

Background. Environmental policy in the Russian Federation has been developing through the following stages: from orientation to the maximum extraction of resources towards transition to their rational use. This transition was directly related to the goals and strategic objectives of the state, as well as the economic situation in the country. Raw materials continue to play a significant role in the structure of the country's economy, which is a decisive factor in the development of environmental policy.

Aim. To analyze the environmental policy in the Russian Federation and to determine the role of natural resources in its formation and implementation.

Materials and methods. The current state of environmental policy in the Russian Federation was studied in relation to the formation and development of sustainable development concepts. The legislative basis and strategic documents regulating this sphere were analyzed. The author distinguishes three stages in the formation of the concept of ecological development: crisis economy, 'ecologization' of the society, and provision of a balance. The current stage is associated with a responsible attitude to natural resources and the environment, which is accompanied by a reduction in emissions into the atmosphere, modernization of production processes, elimination of accumulated damage, and restoration of ecosystems. Various formats of state–society and state–business relations are considered.

Results. The conducted analysis showed that the economic situation and globalization trends have a significant impact on the implementation of environmental policy. The widely spread climate agenda has a mutually exclusive potential, both consolidating and divisive. The pooling of resources of several countries strengthens their positions, while the difference in the economic and technological development has a significant impact on their competitiveness.

Conclusion. The Russian Federation and Russian companies will not be able to stay outside the sustainable development agenda. On the one hand, the level of technological development and the availability of natural resources have a significant impact on sustainability. On the other hand, the founders of many large domestic companies include foreign partners who are involved in globalization processes and international agreements. Therefore, significant adjustments to the current environmental policy may be required in the near future, as a result of the revision of strategies and alliances, obligations and relationships.

Keywords: sustainable development, environmental policy, climate change

Conflict of interest: the author declares that there is no conflict of interest.

Financial disclosure: The study had no sponsorship.

For citation: Panova E.V. Sustainable development as a basis for Environmental Policy in the Russian Federation: Concept and main characteristics. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2022;64(5):9—23. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-9-23>

*Manuscript received 01 December 2022
Accepted 12 December 2022
Published 19 December 2022*

Термин «устойчивое развитие» был закреплен Международной комиссией по окружающей среде и развитию в 1987 году. Экспертами под «устойчивым» понимается развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности [21]. В международных докладах устойчивое развитие рассматривается как «не неизменное состояние, а скорее процесс изменений, в котором масштабы эксплуатации ресурсов, направление капиталовложений, техническое развитие согласуются с нынешними и будущими потребностями» [19]. На такое понимание мы и будем опираться при дальнейшем рассмотрении данной концепции.

Российская экологическая политика прошла несколько этапов своего развития: от максимального извлечения ресурсов до перехода к их рациональному использованию, что было напрямую связано с целями государства, стратегическими задачами и экономической ситуацией. На экологическую политику России значительное влияние оказывает тот факт, что **существенную роль в структуре экономики страны играют сырьевые ресурсы**. По запасам и добыче нефти, природного газа, угля, железных руд, никеля, меди, золота, серебра, платиноидов, алмазов, апатитовых руд, калийных солей и некоторых других видов полезных ископаемых Россия входит в число мировых лидеров [41]. Значимым является также то, что государство выступает крупнейшим акционером сырьевых, энергетических (ПАО «Газпром», НК «Роснефть»), инфраструктурных (ПАО «Транснефть») компаний. Сфера добычи природных ресурсов в соответствии с национальным законодательством контролируется российскими компаниями. Деятельность иностранных компаний ограничена законом «О порядке осуществления иностранных инвестиций в хозяйственные общества, имеющие стратегическое значение для обеспечения обороны страны и безопасности государства» [52]. К стратегическим относятся более 40 видов деятельности, в том числе работа в ядерной сфере; разработка, производство, ремонт, продажа и утилизация военной техники; космическая и авиационная сферы; изучение недр, добыча полезных ископаемых.

Значимость природных ресурсов подчеркнута в «Стратегии экономической безопасности Российской Федерации» [48]. В ней в качестве вызовов и угроз обозначены: изменение структуры мирового спроса на энергоресурсы

и структуры их потребления, развитие энергосберегающих технологий и снижение материалоемкости, развитие «зеленых технологий»; а также установление избыточных требований в области экологической безопасности, рост затрат на обеспечение экологических стандартов производства и потребления. Все это напрямую связано с ролью сырьевого сектора в экономике страны, что, в свою очередь, занимает важное место в формировании экологической политики России.

Становление концепции устойчивого развития в России, по мнению автора статьи, прошло несколько этапов. **Первый этап приходится на 70—90-е годы XX века**. Указом Президента РФ от 4 февраля 1994 года № 236 утверждена Государственная стратегия РФ по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития [45]. Следующим шагом стало принятие Плана действий Правительства РФ в области охраны окружающей среды и природопользования на 1994—1995 годы, который включал более 100 мероприятий [27]. Он был нацелен на: совершенствование управления в области охраны окружающей среды, рационального природопользования, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций; экологически обоснованное размещение производительных сил; экологически безопасное развитие сельского хозяйства, промышленности, энергетики, транспорта и коммунального хозяйства и др.

В 1996 году Президент Российской Федерации утвердил Концепцию перехода страны к устойчивому развитию. Она была направлена на обеспечение баланса в решении социально-экономических задач и задач по сохранению благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала для удовлетворения потребностей населения [44]. Концепция предполагала разработку государственной стратегии, прогнозов изменений окружающей среды в результате хозяйственной деятельности, программ отраслевого, регионального и федерального уровней.

В качестве приоритета экологической политики было определено повышение ценности природных ресурсов и всего природного богатства [30]. Необходимо отметить, что, несмотря на принятие стратегических документов, на 90-е годы XX века пришлось экономические реформы, вследствие которых была проведена приватизация и появились новые экономические субъекты, экономика перешла от плановой к рыночной. Экология как направление деятельности в это время не играла существенной роли. После распада СССР и кризисов 1993 и 1998 годов приоритет

оставался за экономическими вопросами. До начала 2000-х годов большинство экономических показателей демонстрировали спад. В целом XX век можно охарактеризовать как период максимального получения доходов от сырьевого сектора без значительных вложений в восстановление окружающей среды. При этом стратегически забота об окружающей среде была включена в приоритеты развития.

Второй этап приходится на 2000—2015 годы.

В этот период были запущены регуляторные механизмы, направленные на повышение ответственности по сохранению окружающей среды. Идея устойчивого развития получила отражение в Экологической доктрине РФ [32]. В ней стратегической целью определено сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций для устойчивого развития общества, повышения качества жизни, улучшения здоровья населения и демографической ситуации, обеспечения экологической безопасности.

В 2002 году принят федеральный закон 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [51]. Среди основных принципов охраны окружающей среды определены: сочетание экономических, экологических и социальных интересов человека, выполнение экологических требований, наделение правами и ответственностью. Этот закон стал базовым в вопросах сохранения окружающей среды.

Заметим, что субъектами экологической политики являются **широкий спектр участников, которые, руководствуясь собственными целями, в то же время влияют на реализацию экологической политики в целом.** Так, исполнительная ветвь власти в области охраны окружающей среды представлена Министерством природных ресурсов и экологии РФ, ответственным за осуществление государственной политики в области охраны окружающей среды; Министерством здравоохранения РФ, в состав которого входит ведомство, занимающееся санитарно-эпидемиологическим надзором; Гидрометеорологическая служба РФ, осуществляющая мониторинг состояния окружающей среды; Росприроднадзор; Росводресурсы; Рослесхоз; Ростехнадзор; Министерство внутренних дел, в том числе занимающееся борьбой с экологическими правонарушениями; Федеральное агентство по образованию, реализующее государственный проект экологизации образования; Министерство сельского хозяйства, Росрыболовство, Генпрокуратура России, которая создала Управление по надзору за исполнением законодательства в экологической сфере. Все эти ведомства

влияют на экологическую политику своими решениями и действиями, которые не всегда бывают согласованы и направлены на достижение общей цели. Они занимаются координацией и реализацией мероприятий по охране окружающей среды, каждый в своей части; устанавливают порядок осуществления государственного мониторинга окружающей среды; проводят государственную экологическую экспертизу; надзорные и контрольные мероприятия. Поэтому часто принимаемые законодательные решения проходят длительную процедуру согласования со всеми заинтересованными ведомствами.

За экологические правонарушения устанавливается гражданско-правовая, дисциплинарная, административная и уголовная ответственность в соответствии с законодательством РФ. В целом нормативно-правовая база экологической политики РФ не уступает общемировым стандартам и постоянно развивается.

С 2010 года в стране наблюдается тренд в сторону повышения экологической ответственности всех субъектов. В Послании Президента Федеральному Собранию состояние окружающей среды было связано со здоровьем нации [14].

Основные акценты Послания были сделаны на:

- оценке реального состояния всех загрязненных территорий для осуществления программ минимизации негативного воздействия на окружающую среду;
- разработке нормативов качества;
- развитие системы экологического воспитания и образования;
- включение оценки качества окружающей среды в систему критериев эффективности органов власти;
- учете мнения неправительственных экологических организаций при реализации проектов строительства производственных и инфраструктурных объектов.

В 2012 году были утверждены «Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года» [22].

Третий этап начался в 2015 году и продолжается до настоящего времени. С этого времени Росстат фиксирует ежегодное увеличение государственных расходов на охрану окружающей среды [25]. В 2016 году на заседании Государственного совета, посвященного вопросу экологического развития страны, обсуждался **поэтапный переход к модели экологического устойчивого развития.** Среди наиболее острых экологических проблем глава государства назвал: достижение

кардинального снижения выбросов вредных веществ в атмосферу, сбросов в водоемы и на почву, технологическое перевооружение промышленности, внедрение наилучших доступных технологий [8]. Его итогом стало утверждение «Стратегии экологической безопасности РФ на период до 2025 года» [49].

7 мая 2018 года был подписан Указ Президента «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». В соответствии с ним был разработан национальный проект «Экология», направленный на решение ключевых проблем по направлениям «вода», «воздух», «отходы», «биоразнообразие», «лес» [47].

22 июля 2020 года Президент России Владимир Путин подписал Указ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [43]. В нем среди национальных целей обозначены: сохранение населения, здоровье и благополучие людей; комфортная и безопасная среда для жизни [18]. Все это — важные составляющие устойчивого развития.

Большинство экспертов [57], изучающих экологическую политику России, придерживаются общего мнения, что **стратегической целью ее устойчивого развития является повышение уровня и качества жизни населения** на основе научно-технического прогресса, развития экономики и социальной сферы при сохранении воспроизводственного и технологического потенциала.

В рамках данной работы мы будем рассматривать концепцию устойчивого развития как ключевое направление экологической политики России. Для достижения устойчивого развития необходимо сохранять территории с естественными экосистемами, рационально использовать природные ресурсы и человеческий потенциал, а также направлять экономические ресурсы на его развитие.

В июне 2020 года Аналитический центр при Правительстве России в опубликованном национальном обзоре отметил позитивные результаты России на пути к достижению Целей устойчивого развития [6]. В стратегических документах учтены 63% задач, определенных Организацией Объединенных Наций [54]. Россия является одним из лидеров международного климатического процесса. 21 сентября 2019 г. Правительством Российской Федерации было утверждено постановление о принятии Парижского соглашения [28].

В рамках реализации Парижского соглашения Правительством России утвержден национальный план мероприятий адаптации к изменениям

климата [29]. Он направлен на реализацию организационных и нормативно-правовых мер, утверждение планов адаптации климатозависимых секторов экономики и регионов.

4 ноября 2020 года подписан Указ Президента России «О сокращении выбросов парниковых газов» [46]. Документ поручает Правительству Российской Федерации:

а) обеспечить к 2030 году сокращение выбросов парниковых газов до 70% относительно уровня 1990 года;

б) разработать с учетом особенностей отраслей экономики Стратегию социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года и утвердить ее;

в) обеспечить создание условий для реализации мер по сокращению и предотвращению выбросов парниковых газов, а также по увеличению поглощения таких газов.

29 октября 2021 года во исполнение Указа распоряжением Правительства РФ утверждена «Стратегия долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» (далее — Стратегия) [31]. В настоящее время ведется подготовка соответствующего плана мероприятий.

Необходимо отметить, что, несмотря на зависимость российской экономики от сырьевых ресурсов, у России хорошие результаты по снижению выбросов парниковых газов. В Стратегии со ссылкой на оценку Программы ООН по окружающей среде говорится, что с 2008 по 2018 год масса антропогенных выбросов парниковых газов в мире ежегодно увеличивалась на 1,5%. При этом около 80% эмиссии приходится на долю стран «Группы двадцати». Наиболее значимый вклад в глобальные антропогенные выбросы парниковых газов вносят Китайская Народная Республика, Соединенные Штаты Америки, Европейский союз, Индия, Российская Федерация, Япония, Бразилия и Индонезия. Вклад каждого из остальных эмитентов не превышает 2% глобальной эмиссии, но суммарно на их долю приходится 43% всех выбросов.

По показателю кумулятивного прироста ежегодных выбросов парниковых газов лидируют Китай, Индия, США и Канада. Лидеры по показателю снижения — Россия, ЕС и Великобритания. В качестве национального вклада в глобальное реагирование на угрозу изменения климата страны заявляют целевые показатели ограничения выбросов парниковых газов. Более 60 стран заявили о цели достижения баланса между антропогенными выбросами

парниковых газов и их поглощением (далее — «углеродная нейтральность») к 2050—2060 годам и ранее (Великобритания, ЕС, США, Китай, Япония, Россия и др.).

Россия — лидер по абсолютным объемам сокращения выбросов парниковых газов с 1990 года, они уменьшились почти в два раза с учетом поглощающей способности лесов. Этому способствовали в значительной мере экономические кризисы 90-х годов, которые привели к перестройке экономики и повышению ее энергоэффективности. Улучшение окружающей среды не было на тот момент приоритетом, скорее, свою роль сыграли принципы конкуренции. В результате перестройки экономики неотъемлемую часть в энергобалансе страны стали занимать природный газ (46%), атомная (19%) и гидроэнергетика (18%). «Согласно официальным данным, доля энергии от безуглеродных источников — атомные и гидроэлектростанции, ветряные, солнечные электростанции — превышает 40 процентов, а с учетом природного газа — самого низкоуглеродного топлива среди углеводородов — доля составляет 86 процентов, что является одним из лучших показателей в мире» [3].

Сегодня они считаются значимыми ресурсами в переходе к углеродной нейтральности. Вместе с тем в Стратегии подробно говорится о мерах, которые необходимо реализовать в ближайшей перспективе. Среди них:

1. Уточнение данных о текущем объеме выбросов парниковых газов, в том числе отраслевых.
2. Создание системы мониторинга, отчетности и проверки объемов выбросов парниковых газов на уровне организаций, а также субъектов Российской Федерации.
3. Разработка и утверждение национальной программы по регулированию выбросов.
4. Оценка федеральной программы об энергоэффективности до 2020 года и разработка новой программы во всех секторах экономики.
5. Разработка программы реализации отраслевых мер по снижению углеродных выбросов.
6. Работа с международными площадками для отстаивания интересов России.
7. Проведение прикладных и поисковых исследований в области технологий и практик развития с низким уровнем выбросов парниковых газов.

Одновременно с разработкой Стратегии Правительством России велась работа по подготовке Федерального закона «Об ограничении выбросов парниковых газов», который был принят 22 июля 2021 года [53]. Его целью является создание усло-

вий для устойчивого и сбалансированного развития экономики страны при снижении уровня выбросов парниковых газов.

Закон оказывает дополнительное влияние и на деятельность бизнес-компаний. Крупнейшие эмитенты парниковых газов обязаны будут отчитываться по своим выбросам. Данные углеродной отчетности будут аккумулироваться в специальном реестре и станут основой для мониторинга выполнения целевых показателей выбросов. Законом также формируется правовая основа для реализации климатических проектов и обращения углеродных единиц, что позволит вовлечь в деятельность по модернизации производственных мощностей устойчивые инвестиции.

Ключевым международным мероприятием по синхронизации достижения целей устойчивого развития и адаптации экономик к изменению климата стал саммит «Группы двадцати» в 2021 году на тему «Изменение климата и окружающая среда» [13]. Особое внимание было уделено восстановлению мировой экономики, преодолению пандемии коронавируса, борьбе с изменением климата и реализации Целей устойчивого развития. В своем выступлении Президент России В.В. Путин подтвердил выполнение Россией всех международных обязательств по Рамочной конвенции ООН об изменении климата и Парижскому соглашению.

Как видно из проделанного анализа, за последние годы Россия значительно активизировала свое присутствие в международной повестке, одновременно запустив внутри страны значимые проекты по вопросам сохранения окружающей среды и повышая ответственность хозяйственных субъектов.

Внесены изменения в Конституцию РФ в 2020 году. Статья 114 предусматривает реализацию мер, направленных на создание благоприятных условий жизнедеятельности населения, снижение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду [11]. Были внесены существенные изменения в законодательство, которые касаются: ограничения выбросов парниковых газов, повышения ответственности за разлив нефти на суше, установление ответственности за несоблюдение требований при обращении с отходами, квотирование выбросов.

В декабре 2021 года принят федеральный закон № 446-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [36], который обязывает собственников опасных

производственных отходов I и II классов опасности, а также угольных шахт за 5 лет до конца срока эксплуатации объектов разработать план мероприятий по предупреждению и ликвидации загрязнения окружающей среды и ликвидировать эти объекты за свой счет. Кроме того, все платежи в бюджет за экологические нарушения с 1 сентября 2022 года получили статус целевых, иными словами, их можно направлять только на решение экологических проблем [50].

Отдельные эксперты отмечают, что современная экологическая политика России недостаточно активна и не в полной мере отвечает вызовам времени [26]. Автор позволяет себе не согласиться с этим мнением, так как экологическая политика зависит не только от внешних факторов, но и от состояния национальной экономики, доступности технологий, от возможностей промышленных предприятий оперативно перейти на новые технологии, от социально-экономической ситуации, роли субъектов и их отношению к экологической политике. Здесь скорее стоит говорить о необходимости выработки стратегических экологических коммуникаций, направленных на достижение ключевых целей развития. Конференция ООН по изменению климата в 2022 году подтверждает эту необходимость. Основное внимание на конференции было уделено корректировке мероприятий с учетом происходящих событий и более активному вовлечению в климатическую повестку развивающихся стран.

Необходимо отметить, что климатическая повестка обладает взаимоисключающим потенциалом: консолидирующим и разделительным одновременно. С одной стороны, она способна объединить различные организации, компании, отрасли и страны, способные наладить диалог по данному вопросу и найти взаимовыгодные решения. С другой, она становится фактором соперничества: экономически развитые страны уже на старте имеют значительные преимущества по сравнению с развивающимися странами, увеличивая международную конкуренцию.

В целом придерживаясь основных положений Парижского соглашения, страны корректируют свои действия и международную политику с учетом экономической ситуации. Так, в итоговую декларацию текущего года не вошел пункт о необходимости резкого сокращения выбросов парниковых газов [5]. Произошло смягчение позиции развитых стран относительно добычи газа. При этом инвестиции в газодобывающие проекты, в том числе на Африканском континенте,

были представлены как помощь бедным странам в энергопереходе, а не как экономически выгодные проекты. Основатель и директор движения Power Shift Africa (PSA) Мохамед Адоу заявил, что риторика правительств развитых государств не направлена на помощь Африканскому континенту, а является ловушкой, чтобы запереть «нас в роли «заправочной станции» на пользу Глобальному Северу» [56]. В подготовленном PSA отчете отмечается, что порядка 570 млн человек в Африке до сих пор не имеют доступа к электричеству, в том числе потому, что большая часть инвестиций в ископаемое топливо направлена на инфраструктуру для экспорта газа, а не на внутреннее потребление [40].

Международное сообщество, в лице развитых стран, делает акцент на помощь третьим странам в климатической повестке. Главным решением Конференции ООН стало создание фонда для возмещения убытков и ущерба в пользу бедных стран, пострадавших от климатических катастроф. Вокруг формата работы фонда на данный момент ведутся дискуссии по трем ключевым вопросам: список доноров, механизм распределения средств, цели. Евросоюз выступает за расширение списка доноров за счет крупных экономик развивающихся стран, таких как Китай, Индия, Саудовская Аравия, Россия. Две последние предлагается включить из-за их сверхдоходов от продажи ископаемого топлива. Ключевой дискуссионный вопрос на данный момент связан с целями, на которые будут направляться средства фонда. На покрытие ущерба от изменения климата (позиция близка азиатским и африканским странам) или на инвестиции в зеленый энергопереход (предложения западных государств).

По мнению автора, в таких условиях России необходимо не только определиться с планами, но и выработать единую политику для всех ключевых субъектов отстаивания интересов на международной арене. Партнерами по этим вопросам могут быть международные организации, такие как ЕАЭС, БРИКС, ШОС, страны Африки, отдельные страны Европейского союза. В июле 2022 года Европейский парламент поддержал правила ЕС, помечающие инвестиции в газовые и атомные электростанции как благоприятные для климата [7]. Аналогичной позиции придерживаются и страны Африки, о чем мы уже говорили.

На этом фоне, безусловно, важно усиливать позиции и других субъектов экологической политики. Россия на климатическом саммите поднимала вопрос о выводе из-под санкций

низкоуглеродных технологий, что влияет на реализацию проектов [39]. Данная тема в том числе может быть поддержана странами ШОС, БРИКС, Африки. Более того, важно расширять направления сотрудничества. Значимым в отстаивании интересов может быть тот факт, что сначала часть транснациональных компаний перенесла вредные производства в развивающиеся страны, а сейчас используют экологию как конкурентное преимущество для продвижения собственных интересов. Например, Китай экспортирует грязные производства в Африку и страны Юго-Восточной Азии, такую же политику по отношению к ряду стран со слабой экономикой ведут США, отдельные отношения выстраиваются с государствами, обладающими значимыми природными ресурсами. Раньше основное внимание было сосредоточено на регионах, обладающих большими нефтегазовыми запасами, в условиях развития высокотехнологичных производств ставка делается на страны, располагающие редкоземельными металлами.

При реализации политики по переходу России на «зеленые технологии», по нашему мнению, важно также учитывать социально-экономическую ситуацию внутри страны. Ее значимость подтверждают результаты выборов в США, когда победу одержал республиканец Дональд Трамп. Тогда бедные слои населения внесли существенный вклад в результаты голосования, так как Трамп фактически обещал им сохранение рабочих мест. Работая на вредных производствах, работники лишены знаний в высокотехнологичных отраслях, а соответственно, при поиске новой работы проигрывают в конкурентной борьбе с более образованными гражданами. Чувствительность этого вопроса актуальна и для России. По данным Росстата, свыше 37% россиян трудятся во вредных и опасных условиях труда [42]. Переход на новые экономические рельсы требует как улучшения условий труда, так и переобучения работников. Соответственно, данный вопрос требует поступательных и взвешенных шагов.

В целом в формате отношений «государство—общество» можно выделить несколько значимых направлений в экологической политике России:

1) Вовлечение граждан в решение экологических вопросов. При федеральных ведомствах существуют экспертные советы, развивается институт общественных инспекторов, действуют общественные организации (Всероссийское общество охраны природы, «Делай» и другие), реализуются всероссийские акции по уборке мусора, посадке деревьев («Сад памяти», «Сохрани лес»,

«Вода России» и др.). Это позволяет формировать новую экологическую культуру и делать граждан сторонниками проводимых решений и участниками преобразований.

2) Протест граждан против решений власти в условиях отсутствия информации. В случае острых локальных проблем, связанных с ухудшением качества жизни или потенциально негативно влияющих на здоровье, общественность на местах самоорганизуется, отстаивая интересы вплоть до противостояния с органами власти. Так произошло в Архангельской области после решения о строительстве мусорного полигона «Шиес» вблизи водных объектов, о чем население не было поставлено в известность. Необходимо отметить, что нередко борьба за окружающую среду подменяется манипуляциями общественным мнением ради достижения определенных целей. Как правило, распознать такие акции и отделить их от настоящих программ можно по тому, что предлагаются только два варианта решения: либо ликвидировать, либо не допускать начала работ [55].

3) Активное участие в экологической повестке международных организаций. Наиболее заметны в российском пространстве «Гринпис» и WWF. Основные вопросы, которыми занимается «Гринпис» в России: изменение климата, состояние заповедников и лесов, борьба с пожарами, обращение с отходами, им посвящены отдельные проекты [24]. Кроме реализации проектов «Гринпис» организует и экологические шоу, такие как штурм платформы «Приразломная», который был расценен российскими правоохранительными органами как пиратство со стороны активистов [1]. WWF также реализует экологические проекты [23], но находится в большем взаимодействии с органами власти. Так, в сентябре 2021 года организация подписала соглашение о взаимодействии с Минприроды России [15].

Специальная литература показывает, что общественное мнение влияет на успех политики в целом. Лауреат Нобелевской премии Элинор Остром отметила, что «когда граждане одобряют государственную политику, они думают, что должны ее соблюдать, и это мнение дополняется ощущением того, что государственная политика эффективно и справедливо проводится в жизнь. Затраты на такое правоприменение намного ниже, чем когда граждане пытаются уклониться от политики» [57].

В формате отношений «государство-бизнес» в последние годы в России очевиден тренд по повышению ответственности хозяйствующих субъектов за счет расширения механизмов эко-

логического регулирования. Очередным поводом для этого послужил масштабный разлив топлива в мае 2020 года в г. Норильске Красноярского края. В результате компания заплатила ущерб в федеральный бюджет в размере 146,2 млрд рублей [20], также было изменено законодательство в сторону так называемого «окрашивания» экологических платежей и повышения ответственности собственников предприятий.

Среди других направлений экологического регулирования можно назвать работу по вопросу расширенной ответственности производителей, что предполагает усиление контроля за фактической утилизацией упаковки [2], а также принятие закона об обращении с вторичными материальными ресурсами, предполагающего стимулирование переработки побочных продуктов и вторсырья [37].

Президент РСПП Александр Шохин отметил, что вопросы состояния окружающей среды в последние годы занимают одно из центральных мест в повестке бизнес-сообщества [35]. И здесь также можно выделить несколько направлений.

1) Компании активно вовлечены в обсуждение законодательных инициатив. Через ассоциации, работу в правительственных комиссиях, экспертных советах представители бизнеса стараются повлиять на регуляторные механизмы. Так, РСПП был активным участником обсуждения законопроекта «Об ограничении выбросов парниковых газов» [34], поправок в закон «Об охране окружающей среды», ключевым участником «регуляторной гильотины» — масштабного пересмотра нормативных актов, негативно влияющих на бизнес-климат, и пр. В 2022 году в России был создан Национальный ESG-альянс. Это стало ответом на консолидированный запрос крупного бизнеса, стремящегося объединить свои усилия и возможности на пути перехода к устойчивой модели развития [17].

2) Бизнес начал формировать собственную экологическую политику. В 2020 году ученые Высшей школы экономики провели исследование, посвященное активности топ-100 российских компаний в области экологии. Из них только 18,5% публично заявили о том, что занимаются вопросами окружающей среды [38]. Исследование, проведенное Российским институтом директоров (РИД) в 2021 году совместно со «Сбером», показало, что почти половина опрошенных компаний определила цели и задачи своей экологической политики, назначила органы управления и ответственных должностных лиц [12].

3) Компании остаются крупными загрязнителями окружающей среды. Общая сумма

насчитанного государством ущерба, нанесенного почвам и водным объектам, в 2020 году превысила 250 млрд рублей [33]. По данным Росстата, на 20% меньше этой суммы составили инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в том же 2020 году. Сами компании декларируют другие цифры. По данным международной аудиторско-консалтинговой сети FinExpertiza [9], в 2020 году российский бизнес на охрану окружающей среды потратил 836,5 млрд рублей. Из них только 23% — инвестиции в охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, остальное — выполнение текущих требований и ликвидация экологических аварий на предприятиях (обращение с отходами, очистка сточных вод, восстановление природной среды, зарплаты сотрудникам, занятым на природоохранных объектах). Таким образом, мнения государства и бизнеса о роли последнего сильно отличаются [4].

Как видно из проведенного анализа, Россия остается активным участником повестки «устойчивого развития». Проводится работа по совершенствованию регуляторного механизма, направленная на постепенное реформирование экономики и повышение ответственности хозяйствующих субъектов. Кроме того, государство старается сохранить баланс в социально-экономических вопросах, учитывая интересы граждан, не останавливая реализацию значимых проектов.

В июне 2022 года завершена разработка отраслевых планов по адаптации к изменению климата. Аналогичная работа проводится в регионах [16]. Следующим шагом является создание системы мониторинга выбросов парниковых газов, принятие закона о мониторинге состояния вечной мерзлоты.

Как мы видим, в России идет системная работа по направлению устойчивого развития. За последние годы заметна поэтапная смена с экологического на эколого-экономическое регулирование. Наложение технологических санкций в отношении России со стороны разных стран только усилит взаимозависимость экономики и экологии. На этом фоне необходима активизация сотрудничества с другими странами по объединению усилий для отстаивания совместных интересов на международных площадках. Несмотря на санкционные решения, процессы глобализации продолжают оказывать влияние на экологическую политику России, оставляя ее участником международных соглашений. Это связано в том числе

с тем, что во многих российских компаниях акционерами являются представители иностранных корпораций, для которых выполнение международных обязательств в рамках климатической повестки остается приоритетным. Соответственно, российские акционеры вынуждены будут соблюдать международные обязательства, принятые нормы и правила.

Необходимо также понимать, что, в отличие от многих государств, Россия является мировой кладовой природных богатств, зависимость от поставок которых в других странах велика. Развитые государства будут стремиться либо ослабить эту зависимость, либо предъявят России дополнительные требования в виде, например, углеродного налога, вне зависимости от объема выбросов парниковых газов. Евросоюз уже заявил о планах снижения потребления российского сырья [10]. Для этого российские поставки будут заменены на альтернативных экспортеров, получит ускорение создание ветровых и солнечных проектов, атомной энергии и пр. США заявили о готовности переориентировать Европу на американские энергоносители, ранее был остановлен запуск проекта «Северный поток — 2», строительство которого велось с 2016 года, затем был взорван «Северный поток — 1».

По мнению автора перспективными для российской повестки могут быть следующие направления.

1. Создание общей инфраструктуры мониторинга, обмена данными (например,

с приграничными странами). Аналогичные меры использует ЕС для обмена опытом и принятия своевременных мер.

2. Создание суверенного аудита запасов полезных ископаемых на основе международных стандартов ООН и взаимное признание их другими странами (Китай, Казахстан и др.).

3. Реализация совместных климатических проектов. Это позволит создать единую площадку для обмена опытом и технологиями, что в условиях санкционных ограничений является наиболее актуальным.

4. Создание новых союзов по редкоземельным полезным ископаемым, важным для создания безуглеродной экономики (страны Африки, Китай, Бразилия, Вьетнам, Индия). Сегодня редкоземельные элементы нужны практически для всех видов высокотехнологичной продукции: от микросхем и аккумуляторов до сенсорных экранов и очков ночного видения. При этом их обладателями являются страны со слабой экономикой, для которых дополнительные международные обязательства нанесут серьезный ущерб финансовой системе и социально-экономическому развитию в целом.

По нашему мнению, дальнейшая конкуренция между странами будет только усиливаться, особенно в период перестройки мировой экономики. В этих условиях у России есть шанс объединить интересы крупнейших развивающихся государств и тем самым определить дополнительный вектор в глобальной экологической повестке, укрепив суверенность устойчивого развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акция Greenpeace в Печорском море, или Триллер в арктических водах // РИА Новости. 25.09.2013. URL: <https://ria.ru/20130925/965842888.html?in=t> (дата обращения: 16.12.2022).
2. Вице-премьер согласовала концепцию по переработке отходов // РБК. 21.12.2020. URL: <https://www.rbc.ru/business/21/12/2020/5fe0891c9a794782ba4ce916> (дата обращения: 17.11.2022).
3. Второе заседание саммита «Группы двадцати». 31.10.2021. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/67044> (дата обращения: 16.11.2022).
4. Глава Росприроднадзора назвала фейком экологические отчеты корпораций // РБК. 26.08.2021. URL: <https://www.rbc.ru/business/26/08/2021/6127ab9f9a79473186b3c5da> (дата обращения: 23.11.2022).
5. Декларацией по климату остались недовольны участники COP27. 20.11.2022. URL: <https://inbusiness.kz/ru/last/deklaraciej-po-klimatu-ostalis-nedovolny-uchastniki-sor27> (дата обращения: 19.12.2022).
6. Добровольный национальный обзор хода осуществления Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. 2020. URL: https://economy.gov.ru/material/news/opublikovan_pervyy_dobrovolnyy_nacionalnyy_obzor_dostizheniya_rossiye_celey_ustoychivogo_razvitiya_oon.html (дата обращения: 09.10.2022).
7. Европарламент поддержал зеленую маркировку газовых и атомных инвестиций // Ведомости. 07.07.2022. URL: <https://www.vedomosti.ru/ecology/regulation/news/2022/07/07/930277-evroparlament-podderzhal-zelenuyu-markirovku-gazovih-i-atomnih-investitsii> (дата обращения: 16.12.2022).
8. Заседание Государственного совета по вопросу об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений. 27.12.2016. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/53602> (дата обращения: 13.11.2022).
9. Зеленые деньги: российский бизнес в пандемию

- увеличил расходы на экологию // Финэкспертиза. 15.07.2021. URL: <https://finexpertiza.ru/press-service/researches/2021/zelenye-dengi/> (дата обращения: 10.12.2022).
10. Как Евросоюз планирует отказываться от российских газа, нефти и угля // РБК. 10.03.2022 URL: <https://www.rbc.ru/business/10/03/2022/6228745b9a79475abc907aca> (дата обращения: 22.12.2022).
 11. Как поправки в Конституцию защитят экологию и животных. 16.04.2020. URL: <http://duma.gov.ru/news/48291/> (дата обращения: 08.11.2022).
 12. Как российские компании заботятся об экологии. 26.02.2021. URL: <https://www.vedomosti.ru/management/articles/2021/02/25/859326-rossiiskie-kompanii> (дата обращения: 19.11.2022).
 13. Лидеры Группы двадцати примут итоговый документ с основными установками на будущее // ТАСС. 31.10.2021. <https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/12809305> (дата обращения: 17.12.2022).
 14. *Мастушкин М.Ю.* Сборник докладов участников секционных заседаний XII Всероссийского симпозиума. Секция 1. Опыт стратегического планирования на российских и зарубежных предприятиях. Москва, 12–13 апреля 2011 г. / под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. — М.: ЦЭМИ РАН, 2011. — 104 с.
 15. Минприроды и Всемирный фонд дикой природы (WWF) подписали соглашение о сотрудничестве. 21.09.2021. URL: https://www.mnr.gov.ru/press/hot-topic/minprirody_i_vsemirnyy_fond_dikoy_prirody_wwf_podpisali_soglasenie_o_sotrudnichestve/ (дата обращения: 14.11.2022).
 16. Минэкономразвития России: В России завершена разработка отраслевых планов адаптации к изменениям климата // Климатический центр Росгидромета. 28.06.2022. URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/ru/novosti/novosti-partnerov/1813-minekonomrazvitiya-rossii-v-rossii-zavershena-razrabotka-otraslevykh-planov-adaptatsii-k-izmeneniyam-klimata> (дата обращения: 26.12.2022).
 17. Национальный ESG Альянс. Официальный сайт: <http://esg-a.ru/> (дата обращения: 14.12.2022).
 18. Национальный проект «Экология». URL: <http://government.ru/rugovclassifier/848/events/> (дата обращения: 07.12.2022).
 19. Наше общее будущее. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию. М., 1989.
 20. «Норникель» выплатил рекордный штраф 146 млрд за разлив топлива. // РБК. 10.03.2021. URL: <https://www.rbc.ru/business/10/03/2021/6048a2309a794732bec10c5d> (дата обращения: 17.11.2022).
 21. Основные положения стратегии устойчивого развития России / под ред. А.М. Шелехова. — М.: Комиссия Гос. Думы по проблемам устойчивого развития, 2002. — 161 с.
 22. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года. URL: <https://base.garant.ru/70169264/> (дата обращения: 20.12.2022).
 23. Официальный сайт ВВФ. URL: <https://wwf.ru/> (дата обращения: 23.12.2022).
 24. Официальный сайт Гринпис. URL: <https://greenpeace.ru/projects/> (дата обращения: 14.11.2022).
 25. Охрана окружающей среды в России. 2020: стат. сб. М., Росстат, 2020. 113 с. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/nmV0UuE3/Ochrana_2020.pdf (дата обращения: 14.11.2022).
 26. Поворот к природе: новая экологическая политика России в условиях «зеленой» трансформации мировой экономики и политики. URL: https://cceis.hse.ru/data/2021/04/13/1391067174/doklad_povorot-k-prirode.pdf (дата обращения: 17.12.2022).
 27. Постановление Правительства РФ от 18.05.1994. № 496 «О плане действий Правительства Российской Федерации по охране окружающей среды на 1994—1995 годы» (с изменениями и дополнениями). URL: <https://base.garant.ru/2108379/> (дата обращения: 13.11.2022).
 28. Постановление Правительства РФ от 21.09.2019. № 1228 «О принятии Парижского соглашения». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72661694/> (дата обращения: 16.11.2022).
 29. Правительство утвердило национальный план мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года. 10.01.2020. URL: https://economy.gov.ru/material/news/pravitelstvo_utverdilo_nacionalnyy_plan_meropriyatij_pervogo_etapa_adaptacii_k_izmeneniyam_klimata_na_period_do_2022_goda.html (дата обращения: 13.11.2022).
 30. Приоритеты национальной экологической политики России. / Под ред. В.М. Захарова. М.: ООО «Типография ЛЕВКО», Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2009. 152 с.
 31. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2021. № 3052-п URL: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fW032e2yA0BhtPrzWfHaiUa.pdf> (дата обращения: 19.11.2022).
 32. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31.08.2002 г. № 1225-р «Экологическая доктрина Российской Федерации». URL: <http://government.ru/docs/all/43014/> (дата обращения: 18.11.2022).
 33. Росприроднадзор: Ущерб экологии в 2020 году нанесен на 235 млрд рублей. // Российская газета. 23.11.2020. URL: <https://rg.ru/2020/11/23/rosprirodnadzor-ushcherb-ekologii-v-2020-godu-nanesen-na-235-mlrd-rublej.html> (дата обращения: 12.11.2022).
 34. РСПП предложил не вводить квоты на выбросы парниковых газов. 23.12.2021. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5142737> (дата обращения: 17.11.2022).
 35. РСПП провел Экологический форум в рамках Недель российского бизнеса. 09.11.2021. URL: <https://rspp.ru/events/news/rspp-provel-ekologicheskii-forum-nedel-rossiyskogo-biznesa--618cfaf5979a/> (дата обращения: 16.12.2022).

36. Сегодня Госдума приняла «усольский» законопроект в окончательном третьем чтении. 21.12.2021. URL: <http://komitet2-21.km.duma.gov.ru/Novosti-Komiteta/item/28238184/> (дата обращения: 19.11.2022).
37. Сегодня Комитет провел рабочее совещание на тему «Регулирование обращения вторичных материальных ресурсов». 0.02.2022. URL: <http://komitet2-21.km.duma.gov.ru/Novosti-Komiteta/item/28339826/> (дата обращения: 17.12.2022).
38. Селина М.В. 80% российских компаний из топ-100 даже не декларируют заботу об экологии. 08.04.2021. URL: <https://iq.hse.ru/news/458547536.html> (дата обращения: 19.11.2022).
39. Сергеев М. Климатические репарации в центре повестки форума COP27 // Независимая газета. 31.10.2022. URL: https://www.ng.ru/economics/2022-10-31/1_8579_forum.html (дата обращения: 24.11.22).
40. COP27 не нашла поворота с шоссе в климатический ад. Обзор // Интерфакс. 21.11.2022. URL: <https://www.interfax.ru/world/873498> (дата обращения: 11.12.2022).
41. Стратегия развития минерально-сырьевой базы РФ до 2035 года. URL: <http://static.government.ru/media/files/WXRSEBj6jnRWNrumRkDakLcqfAzY14VE.pdf> (дата обращения: 12.10.2022).
42. Удельный вес численности работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда. 24.04.2022. URL: https://rosstat.gov.ru/working_conditions?print=1 (дата обращения: 13.12.22).
43. Указ о национальных целях развития России до 2030 года. 21.07.2020. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/63728> (дата обращения: 16.11.2022).
44. Указ Президента Российской Федерации от 01.04.1996 № 440 «О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию». URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstdoc=1&lastdoc=1&nd=102040449> (дата обращения: 17.11.2022).
45. Указ Президента Российской Федерации от 04.02.1994 г. № 236 «О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/5422> (дата обращения: 11.11.2022).
46. Указ Президента Российской Федерации от 04.11.2020 г. № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45990> (дата обращения: 15.11.2022).
47. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения: 16.11.2022).
48. Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года». URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41921> (дата обращения: 18.11.2022).
49. Указ Президента Российской Федерации от 19.04.2017 г. № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41879> (дата обращения: 14.11.2022).
50. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 30.12.2021 № 446-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405384/ (дата обращения: 23.12.2022).
51. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 09.12.2022).
52. Федеральный закон № 57-ФЗ от 29.04.2008 «О порядке осуществления иностранных инвестиций в хозяйственные общества, имеющие стратегическое значение для обеспечения обороны страны и безопасности государства». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_76660/ (дата обращения: 23.12.2022).
53. Федеральный закон от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ. «Об ограничении выбросов парниковых газов». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47013> (дата обращения: 11.12.2022).
54. Цели устойчивого развития включены во внутреннюю политику России. 21.09.2020. URL: <https://ac.gov.ru/news/page/celi-ustojcivogo-razvitia-vkluceny-vo-vnutrennuu-politiku-rossii-26712> (дата обращения: 17.12.2022).
55. Экологи, да не те. Как «борцы за природу» мешают экономике России? // Аргументы и факты. 05.06.2018. URL: https://aif.ru/society/ecology/ekologi_da_ne_te_kak_borcy_za_prirodu_meshayut_ekonomike_rossii (дата обращения: 14.11.2022).
56. Africa's dash for gas heats up COP27. 23.11.2022. URL: <https://www.powershiftafrica.org/latest/power-shift-in-the-news/africas-dash-for-gas-heats-up-cop27> (дата обращения: 09.12.2022).
57. *Bumann S.* What are the Determinants of Public Support for Climate Policies? // *A Review of the Empirical Literature* // *Review of Economics*. 2021. Vol. 72(3). P. 214.

REFERENCES

1. Greenpeace action in the Pechora Sea, or Thriller in Arctic waters // RIA Novosti. 25.09.2013. URL: <https://ria.ru/20130925/965842888.html?in=t> (accessed: 12/16/2022) (In Russ.).
2. The Deputy Prime Minister agreed on the concept of waste recycling. // RBC. 21.12.2020. URL: <https://www.rbc.ru/>

- Известия высших учебных заведений
Геология и разведка
2022;64(5):9—23

- base.garant.ru/2108379 / (accessed: 13.11.2022) (In Russ.).
28. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1228 dated 21.09.2019 "On the adoption of the Paris Agreement". URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72661694> / (accessed: 11/16/2022) (In Russ.).
29. The Government has approved a national action plan for the first stage of adaptation to climate change for the period up to 2022. 10.01.2020. URL: https://economy.gov.ru/material/news/pravitelstvo_utverdilo_nacionalnyy_plan_meropriyatiy_pervogo_etapa_adaptacii_k_izmeneniyam_klimata_na_period_do_2022_goda.html (date of appeal: 13.11.2022) (In Russ.).
30. Priorities of the national environmental policy of Russia. / Ed. by V.M. Zakharov. Moscow: OOO "Tipografiya LEVKO", Institute of Sustainable Development / Center for Environmental Policy of Russia, 2009. 152 p. (In Russ.).
31. Decree of the Government of the Russian Federation of 29.10.2021 No. 3052-r. URL: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fW032e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf> (accessed: 11/19/2022) (In Russ.).
32. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1225-r of 31.08.2002 "Environmental Doctrine of the Russian Federation". URL: <http://government.ru/docs/all/43014/> / (date of reference: 18.11.2022) (In Russ.).
33. Rosprirodnadzor: Environmental damage in 2020 was caused by 235 billion rubles // Rossiyskaya Gazeta. 23.11.2020. URL: <https://rg.ru/2020/11/23/rosprirodnadzor-ushcherb-ekologii-v-2020-godu-nanesen-na-235-mlrd-rublej.html> (date of application: 12.11.2022) (In Russ.).
34. The RSPP proposed not to introduce quotas for greenhouse gas emissions. 23.12.2021. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5142737> (date of application: 17.11.2022) (In Russ.).
35. The RSPP held an Environmental Forum as part of the Russian Business Weeks. 09.11.2021. URL: <https://rspp.ru/events/news/rspp-provel-ekologicheskoye-forum-nedel-rossiyskogo-biznesa--618cfaf5979a/> / (date of appeal: 12/16/2022) (In Russ.).
36. Today the State Duma adopted the "Usolsky" bill in the final third reading. 21.12.2021. URL: <http://komitet2-21.km.duma.gov.ru/Novosti-Komiteta/item/28238184/> / (date of reference: 19.11.2022) (In Russ.).
37. Today the Committee held a working meeting on the topic "Regulation of the circulation of secondary material resources". 0.02.2022. URL: <http://komitet2-21.km.duma.gov.ru/Novosti-Komiteta/item/28339826/> / (date of request: 17.12.2022) (In Russ.).
38. Selina M.V. 80% of Russian companies from the top 100 do not even declare concern for the environment. 08.04.2021. URL: <https://iq.hse.ru/news/458547536.html> (accessed: 19.11.2022) (In Russ.).
39. Sergeev M. Climate reparations in the center of the agenda of the COP27 forum // Nezavisimaya Gazeta. 31.10.2022. URL: https://www.ng.ru/economics/2022-10-31/1_8579_forum.html (date of application: 24.11.22) (In Russ.).
40. COP27 did not find a turn from the highway to the climatic hell. Review // Interfax. 21.11.2022 URL: <https://www.interfax.ru/world/873498> (date of application: 11.12.2022) (In Russ.).
41. Strategy for the development of the mineral resource base of the Russian Federation until 2035. URL: <http://static.government.ru/media/files/WXRSEBj6jnRWNrRmRkDakLcqfAZy14VE.pdf> (date of application: 12.10.2022) (In Russ.).
42. The proportion of the number of employees engaged in work with harmful and (or) dangerous working conditions. 04/24/2022. URL: https://rosstat.gov.ru/working_conditions?print=1 (accessed: 13.12.22) (In Russ.).
43. Decree on the National Development Goals of Russia until 2030. 21.07.2020. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/63728> (accessed: 11/16/2022) (In Russ.).
44. Decree of the President of the Russian Federation No. 440 dated 01.04.1996 "On the Concept of transition of the Russian Federation to sustainable development". URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstdoc=1&lastdoc=1&nd=102040449> (date of application: 17.11.2022) (In Russ.).
45. Decree of the President of the Russian Federation No. 236 dated 04.02.1994 "On the State Strategy of the Russian Federation for Environmental Protection and Sustainable Development". URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/5422> (date of application: 11.11.2022) (In Russ.).
46. Decree of the President of the Russian Federation No. 666 dated 04.11.2020 "On reducing greenhouse gas emissions". URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45990> (accessed: 15.11.2022) (In Russ.).
47. Decree of the President of the Russian Federation dated 07.05.2018 No. 204 "On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024". URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027> (date of conversion: 11/16/2022) (In Russ.).
48. Decree of the President of the Russian Federation No. 208 dated 13.05.2017 "On the Strategy of Economic Security of the Russian Federation for the period up to 2030". URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41921> (accessed: 11/18/2022) (In Russ.).
49. Decree of the President of the Russian Federation No. 176 dated 04/19/2017 "On the Strategy of Environmental Safety of the Russian Federation for the period up to 2025". URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41879> (date of application: 14.11.2022) (In Russ.).
50. Federal Law "On Amendments to the Federal

- Law “On Environmental Protection” and Certain Legislative Acts of the Russian Federation” dated 30.12.2021 No. 446-FZ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405384 / (accessed: 12/23/2022) (In Russ.).
51. Federal Law “On Environmental Protection” dated 10.01.2002 No. 7-FZ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823 / (accessed: 09.12.2022) (In Russ.).
 52. Federal Law 57-FZ of 29.04.2008 “On the Procedure for Foreign Investments in Business Entities of Strategic importance for ensuring the defense of the country and the security of the state”. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_76660 / (accessed: 12/23/2022) (In Russ.).
 53. Federal Law No. 296-FZ of 02.07.2021. “On limiting greenhouse gas emissions”. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47013> (date of application: 11.12.2022) (In Russ.).
 54. Sustainable Development Goals are included in Russia’s domestic policy. 09/21/2020. URL: <https://ac.gov.ru/news/page/ce-li-ustojcivogo-razvitiya-vklyucheny-vo-vnutrennyu-politiku-rossii-26712> (date of application: 17.12.2022) (In Russ.).
 55. Environmentalists, but not those. How do “fighters for nature” interfere with the Russian economy? // Arguments and facts. 05.06.2018. URL: https://aif.ru/society/ecology/ekologi_da_ne_te_kak_borcy_zaprrodu_meshayut_ekonomike_rossii (date of application: 11/14/2022) (In Russ.).
 56. Africa’s dash for gas heats up COP27. 11/23/2022. URL: <https://www.powershiftafrica.org/latest/power-shift-in-the-news/africas-dash-for-gas-heats-up-cop27> (accessed: 09.12.2022) (In Russ.).
 57. Bumann S. What are the Determinants of Public Support for Climate Policies? // A Review of the Empirical Literature // Review of Economics. 2021. Vol. 72(3). P. 214.

ВКЛАД АВТОРА / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Панова Е.В. — разработала концепцию статьи, подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Elena V. Panova — developed the concept of the article, prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Панова Елена Васильевна — кандидат политических наук, руководитель аппарата Комитета по экологии, природным ресурсам и охране окружающей среды в Государственной Думе Российской Федерации.
1, ул. Охотный ряд, г. Москва 103265, Россия
e-mail: karrypoupe@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8782-3680>

Panova Elena Vasilyevna — Cand. of Sci. (Polit.), Head of the Staff of the Committee on Ecology, Natural Resources and Environmental Protection in the State Duma.
1, Okhotny Ryad str., Moscow 103265, Russia
e-mail: karrypoupe@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8782-3680>



УГЛЕВОДОРОДНЫЕ СИСТЕМЫ ТУРКМЕНСКОГО СЕКТОРА ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО БАСЕЙНА

У.С. СЕРИКОВА, М.А. АЛЛАЗАРОВА*, Э.З. ИДИЯТУЛЛИНА

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

АННОТАЦИЯ

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

Цель. Моделирование углеводородных систем Туркменского сектора Южно-Каспийского бассейна.

Материалы и методы. Статистическое обобщение и систематизация данных и материалов, 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. Моделирование данных в программном обеспечении PetroMod.

Результаты. В результате численного моделирования определены условия формирования углеводородных систем и основные ее элементы: нефтегазоматеринские толщи (НГМТ), резервуары, покрышки; выявлены перспективы нефтегазоносности, установлены основные пространственно-временные закономерности развития процессов генерации, миграции и аккумуляции углеводородных флюидов, а также условия формирования ловушек; и создана карта, в 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: Каспийское море, Южно-Каспийский бассейн, нефть, газ, Туркменистан, Туркменский сектор, Апшерон, нефтегазоносность

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Серикова У.С., Аллазарова М.А., Идиятуллина Э.З. Углеводородные системы Туркменского сектора Южно-Каспийского бассейна. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2022;64(5):24—40. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-24-40>

Статья поступила в редакцию 04.11.2022

Принята к публикации 12.12.2022

Опубликована 19.12.2022

* Автор, ответственный за переписку

HYDROCARBON SYSTEMS IN THE TURKMEN SECTOR OF THE SOUTH CASPIAN BASIN

ULYANA S. SERIKOVA, MEHRIBAN A. ALLANAZAROVA*, ELMIRA Z. IDIYATULLINA

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

ABSTRACT

Introduction. The paper considers conditions conducive to the formation and location of oil and gas accumulations in the Turkmen sector of the South Caspian Basin.

Aim. Modeling of hydrocarbon systems of the Turkmen sector of the South Caspian Basin.

Materials and methods. Statistical generalization and systematization of the data and materials presented in reference literature, field sources, and archive data, as well as published works of Sh.F. Mekhtiev, I.S. Guliev, M.Z. Rachinskii, S.S. Dzhibuti, S.A. Aliev, V.Yu. Kerimov, V.V. Kolodiya, etc. Data modeling was performed using the PetroMod software.

Results. As a result of numerical modeling, the formation conditions of hydrocarbon systems and their main elements, i.e., oil and gas source strata (OGSS), reservoirs and seals, were determined. Oil and gas prospects were identified, and the main spatial and temporal patterns in the development of generation, migration, and accumulation processes of hydrocarbon fluids, as well as the formation conditions of traps were established. In addition, a map was created to illustrate potential prospective zones, objects, and “plays.” Oil-and-gas prospects were determined, and the main areas of oil-and-gas exploration in the Turkmen sector of the Caspian Sea were substantiated.

Keywords. Caspian Sea, South Caspian Basin, oil, gas, Turkmenistan, Turkmen sector, Absheron, oil-and-gas prospects

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

Funding: The study had no sponsorship.

For citation: Serikova U.S., Allanazarova M.A., Idiyatullina E.Z. Hydrocarbon systems in the Turkmen sector of the South Caspian basin. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2022;64(5):24—40. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-24-40>

Manuscript received 04 November 2022

Accepted 12 December 2022

Published 19 December 2022

* Corresponding author

Южно-Каспийский бассейн 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 прибортовом 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. На рисунке 1 представлена территория исследования, соответствующая Туркменскому сектору Южно-Каспийского бассейна [1].

Выбор границ стратиграфического разреза являлся одним из ключевых вопросов, которые необходимы для оценки структурной и стратиграфической особенностей ЮКБ. На основе интерпретации

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

скважин на суше и на морских участках была создана литолого-стратиграфическая колонка Южного Каспия (рис. 2).

Для формирования пространственно-временных структурно-тектонических моделей Туркменского сектора Южно-Каспийского бассейна (рис. 3) были использованы структурные построения, а также топографические карты [7].

Красноцветная толща среднеплиоценового отдела является основным нефтегазоносным комплексом Туркменского сектора Южно-Каспийского бассейна. Также встречаются отдельные скопления нефти и газа, они разведаны в отложениях, которые подстилают красноцветную толщу. Мощность продуктивной красноцветной толщи достигает 5000 метров [2].

В верхней части красноцветной продуктивной толщи региона открыты нефтегазоконденсатные залежи на Котуртепинской, Небит-Дагской, Челекенской, Барсагельмезской

локальных структурах. В нижней части красноцветной продуктивной толщи разведаны газо-конденсатные и нефтяные залежи в пределах всей изучаемой территории на Окаремской, Гогрань-Дагской, Камышлджинской, Барсагельмезской, Котуртепинской локальных структурах [27].

Методика исследований

В работе использовались материалы геофизических исследований, в том числе сейсмических исследований, результаты исследований скважин на месторождениях, которые располагаются в пределах исследуемой территории. Информационная база исследований является статистическим обобщением и систематизацией данных и материалов, 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. [19]

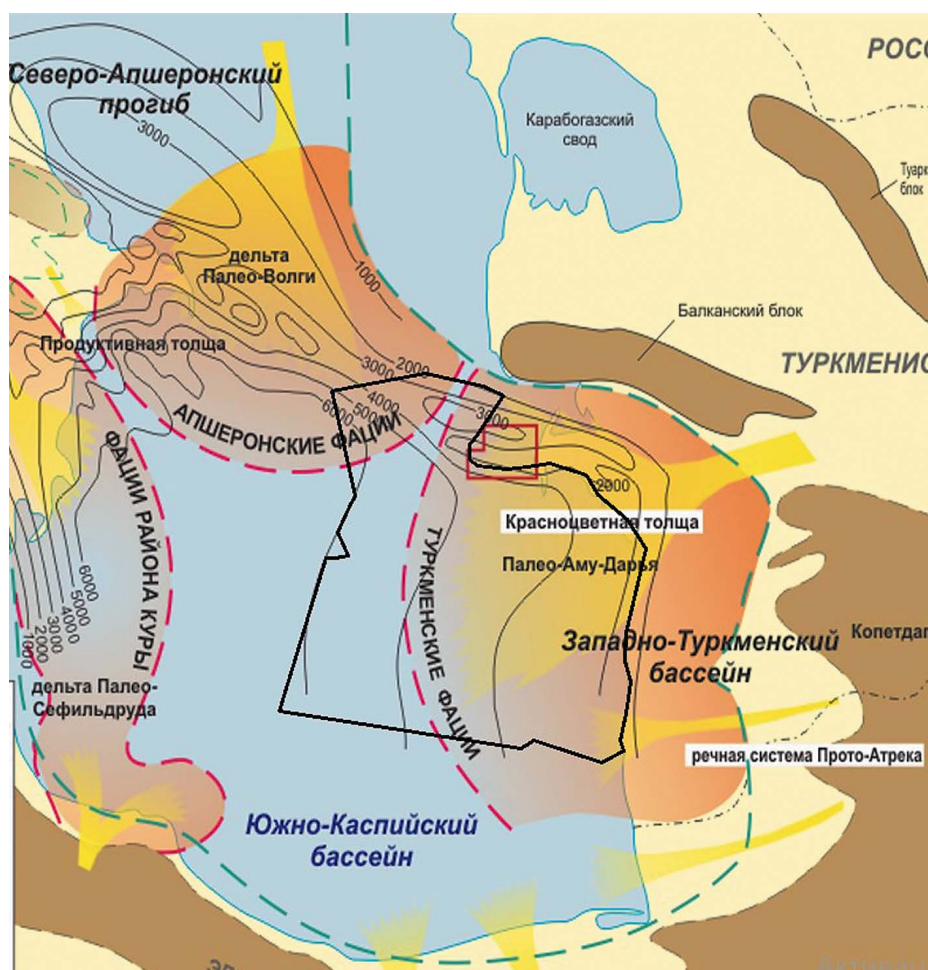


Рис. 1. Территория исследований — Туркменский сектор Южно-Каспийского бассейна
Fig. 1. The research area is the Turkmen sector of the South Caspian Basin

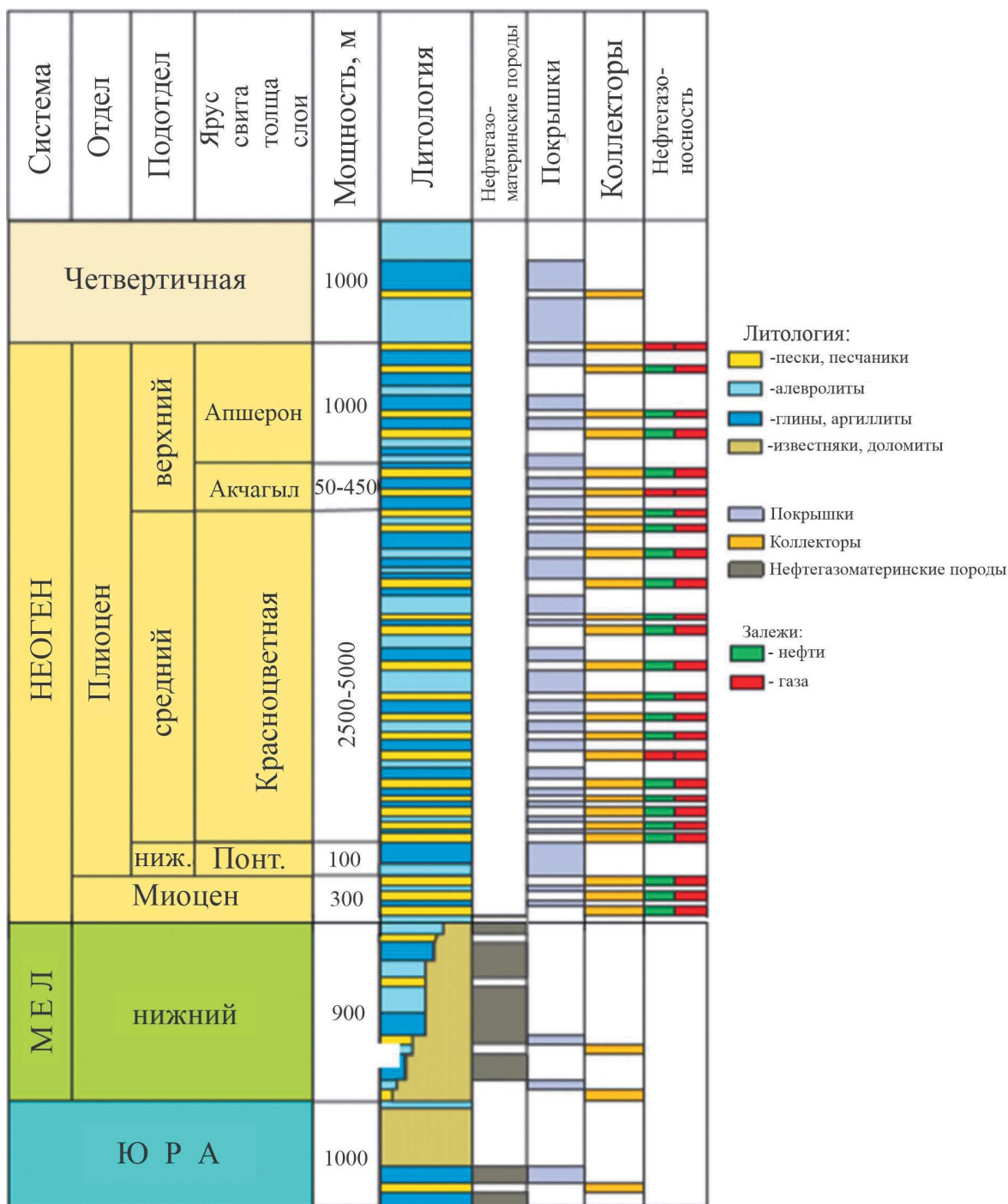


Рис. 2. Литолого-стратиграфическая колонка Туркменского сектора Южно-Каспийского бассейна
Fig. 2. Lithological and stratigraphic column of the Turkmen sector of the South Caspian basin

Для выполнения моделирования углеводородных систем были использованы программные пакеты PetroMod (Шлюмберге) и Platte River's BasinMod. Для построения структурного каркаса оцифрованные карты по поверхностям были выгружены из программы QGIS в программу Petrel

для построения grid-поверхностей. Отстроенные карты grid-поверхностей были выгружены в формате «Zmap (BINARI)» в PetroMod. Моделирование углеводородных систем было проведено по трем скважинам (Ливанов-6, Туркменабат-1 (бывшая Ферсман-1) и Чодгаулиев-2), а также по семи

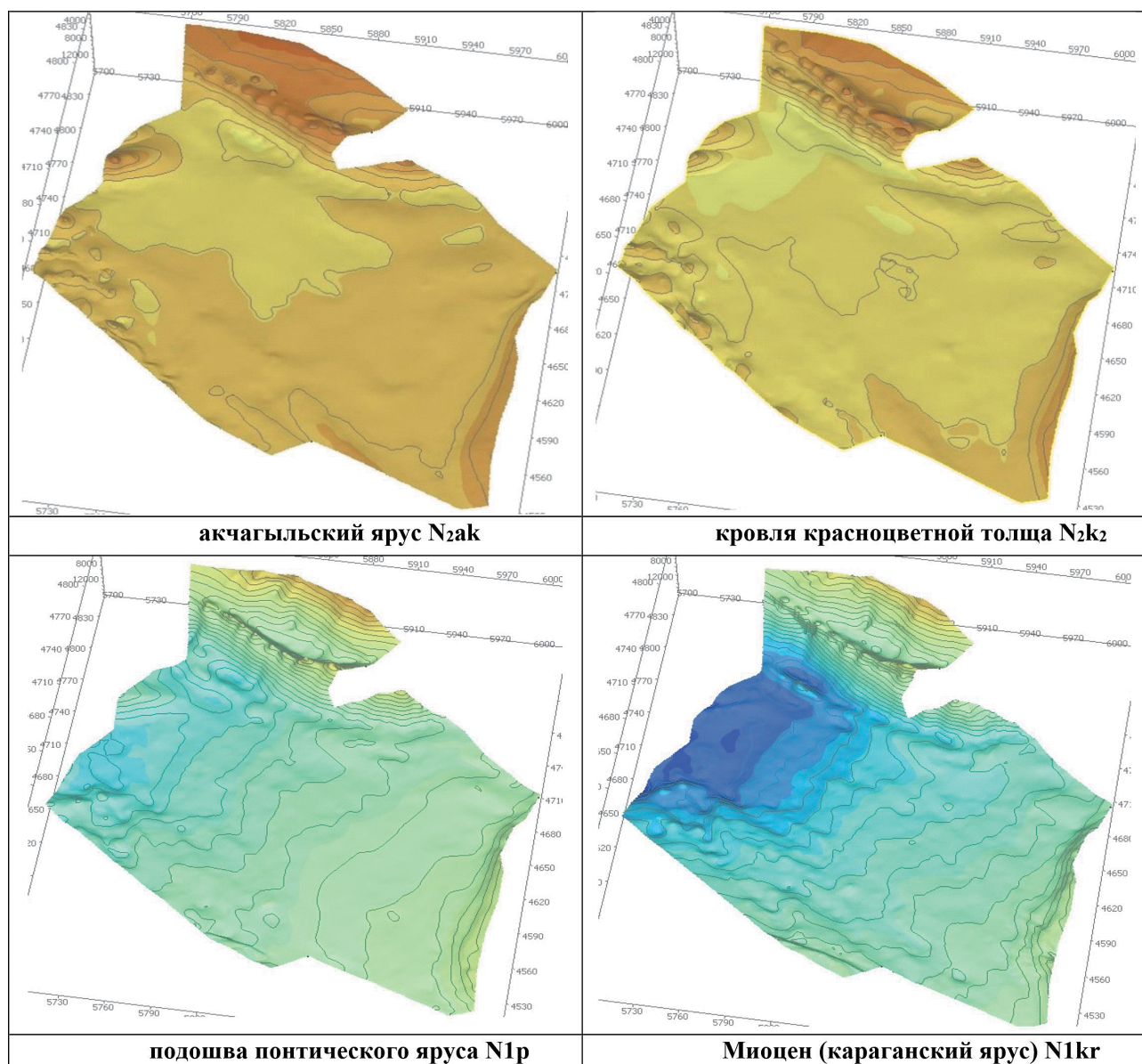


Рис. 3. Структурно тектонические модели Туркменского сектора Южно-Каспийского бассейна
Fig. 3. Structural and tectonic models of the Turkmen sector of the South Caspian basin

псевдоскважинам, расположенным в стратегически важных участках бассейна [4].

Результаты исследований

В исследуемом регионе в разрезе осадочного комплекса выявлено четыре интервала нефтематеринских пород: в нижнем майкопе — Mk_1 (500 м); верхний майкоп- нижний миоцен $Mk_3-N^1_1$ (250 м); средний-верхний миоцен (диатомская свита) $N^2_1-N^3_1$ (diat.) (100 м); верхний миоцен (понтические пласты) N^3_1 (pnt) (до 400 м). В изучаемый разрез входят осадочный комплекс начиная с верхнего майкопа, исходя

из этого были изучены нефтематеринские породы верхний майкоп — нижний миоцен $Mk_3-N^1_1$; средний-верхний миоцен (диатомская свита) $N^2_1-N^3_1$ (diat.); верхний миоцен (понтические пласты) N^3_1 (pnt) [25].

Для всех интервалов нефтематеринских пород содержание органического углерода было принято как 3% со смесью II/III керогена. Современная температура поверхности была принята как постоянная величина 5 °С. Использовалась модель переходного теплового потока, которая применяла полное дифференциальное уравнение и учитывала теплоемкость различных литологических

единиц. В процессе моделирования использовалась величина постоянного теплового потока 40 мВт/м^2 , что обычно соответствует современному температурному градиенту, который составляет приблизительно $16\text{—}19 \text{ }^\circ\text{C/км}$, что, в свою очередь, соответствует замерам [3].

Используя вышеназванную информацию, были смоделированы степени зрелости органи-

ческого вещества (рис. 4) и преобразованности органического вещества (рис. 5), а также погенерационный потенциал (рис. 6) для каждой нефтематеринской толщи [14].

Моделирование генерации, проведенное по трем скважинам и шести псевдоскважинам, представлено в виде диаграмм истории захоронения ОВ и распространения категорических зон

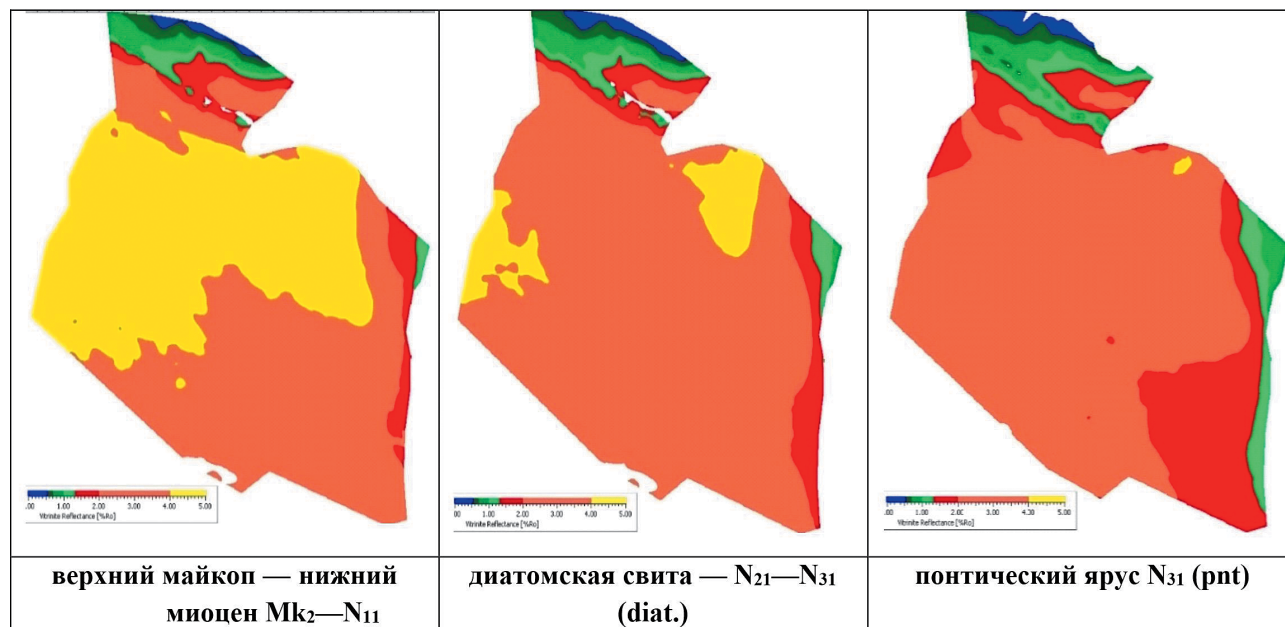


Рис. 4. Трехмерные модели степени зрелости органического вещества
Fig. 4. Three-dimensional models of the degree of maturity of organic matter

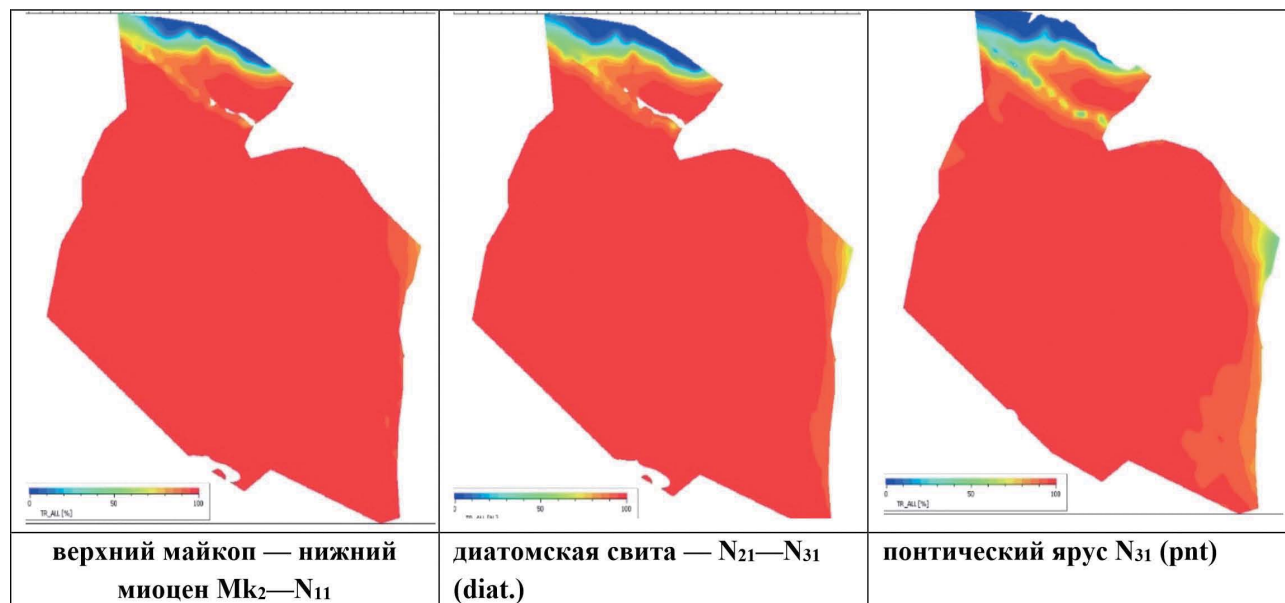


Рис. 5. Трехмерные модели степени преобразованности органического вещества
Fig. 5. Three-dimensional models of the degree of transformation of organic matter

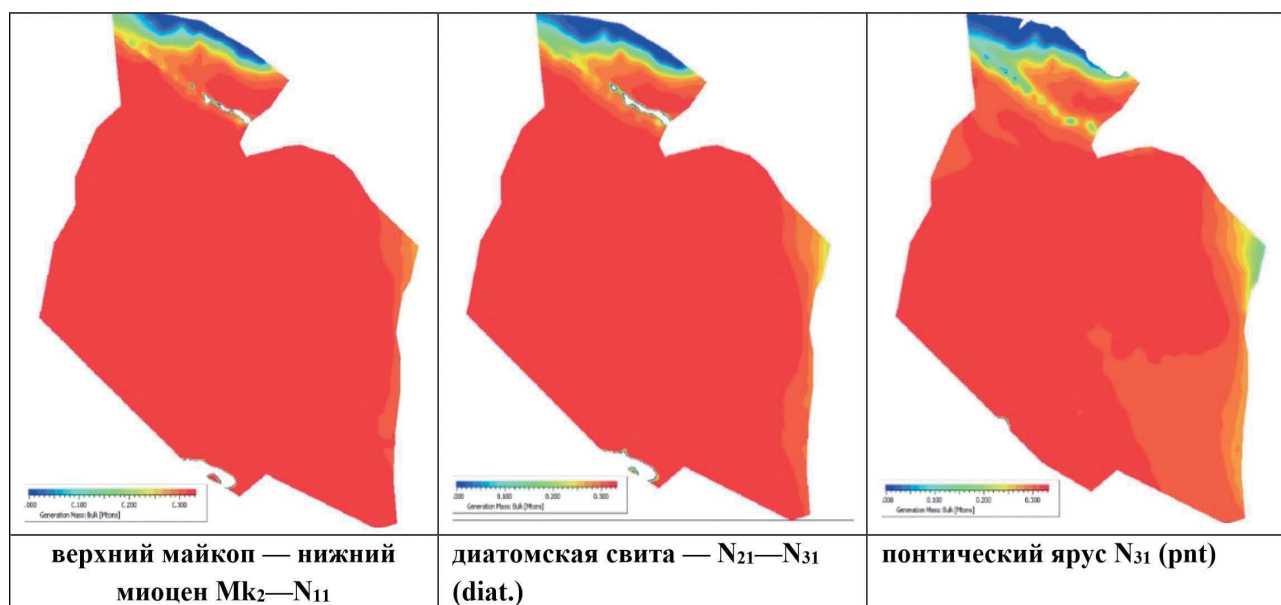


Рис. 6. *Генерационный потенциал нефтематеринских толщ*
Fig. 6. *Generation potential of oil-producing strata*

в процессе истории, прогибание осадочного бассейна показано на рисунке 7 [11].

Отложение преимущественно мелкозернистого олигоценно-миоценового комплекса содержит в себе основные нефтематеринские породы бассейна. В это время седиментации проходила достаточно медленно, в основном со скоростью 0,5 км/млн лет, и поэтому образование углеводородов шло достаточно медленно. 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. В этом комплексе к позднему миоцену нефтематеринский интервал в олигоцене достиг степени созревания, достаточного для образования нефти и газа [6].

На рисунке 8 продемонстрированы кумулятивные кривые генерации углеводородов по всем нефтематеринским интервалам с нижнего майкопа (Mk₁) до понтического яруса N₃₁ (pnt) SR4 для скважин Чодгакулиев-2, Туркменабаши-1 и Ливанов-6.

Моделирование УС свидетельствует о том, что процессы генерации углеводородов связаны с нефтематеринскими интервалами в верхнемайкопской свите: миоцене, диатомской свите. 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 [5].

Результаты моделирования свидетельствуют о том, что современный седиментационный разрез до глубины 6 км, соответствующий глубоко залегающим красноцветам плиоцена, термально недостаточно созрел для образования нефти, что 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. Анализ нефтей Южного Каспия свидетельствует о том, что в основном они образовались в недостаточно созревших нефтематеринских породах, поэтому можно предположить, что нефтематеринские интервалы верхнего миоцена вносят значительный вклад в нефтегазовую систему бассейна. Моделирование свидетельствует о том, что предполагаемые более глубоко залегающие олигоценные, миоценовые, майкопские нефтематеринские интервалы достигли высокой степени зрелости для образования нефти, а образование нефти проходило в основном в квартере [31].

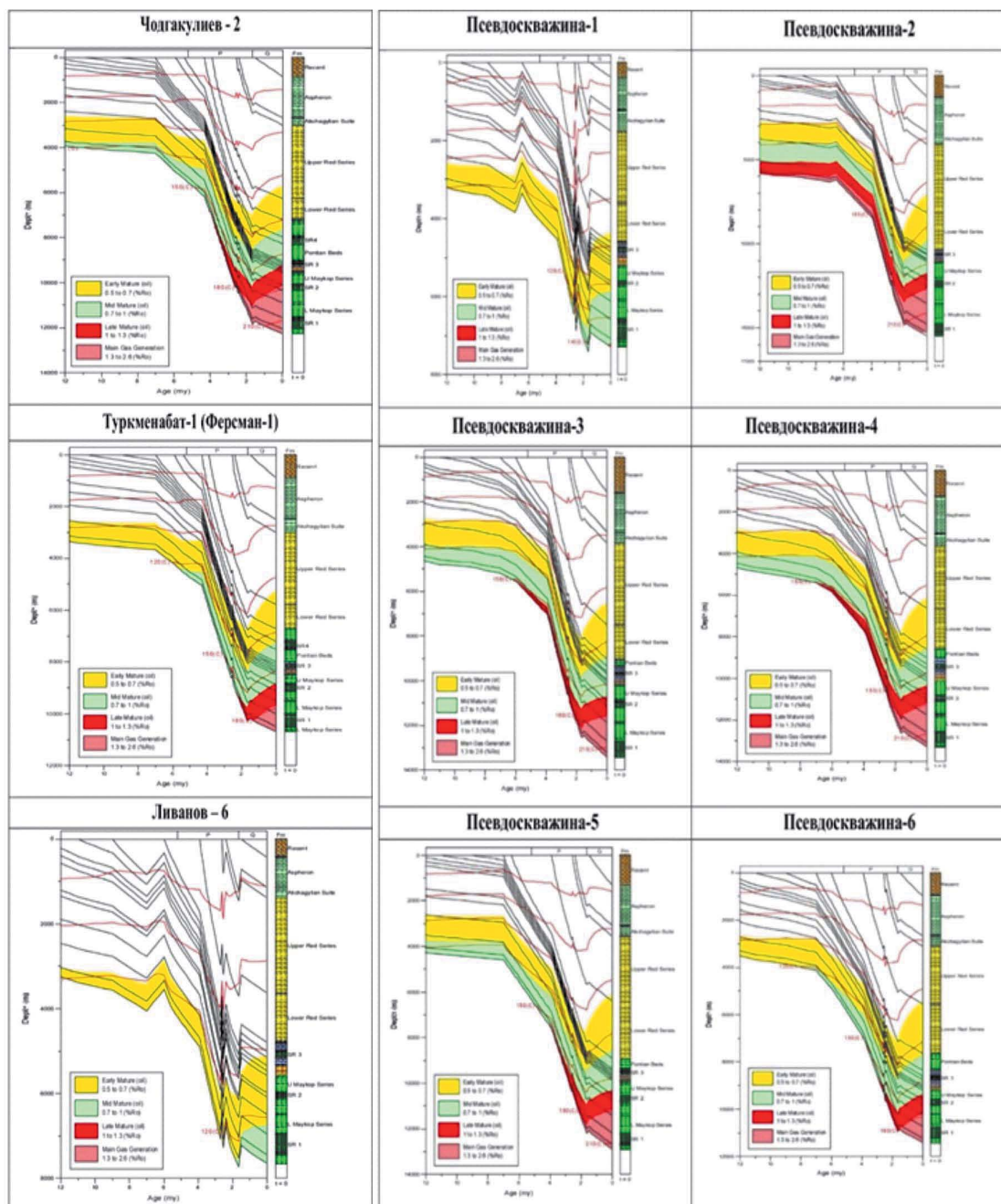


Рис. 7. Модели генерации УВ в зонах расположения скважин и псевдоскважин
Fig. 7. Models of HC generation in the zones of wells and pseudo-wells

Обсуждение результатов

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

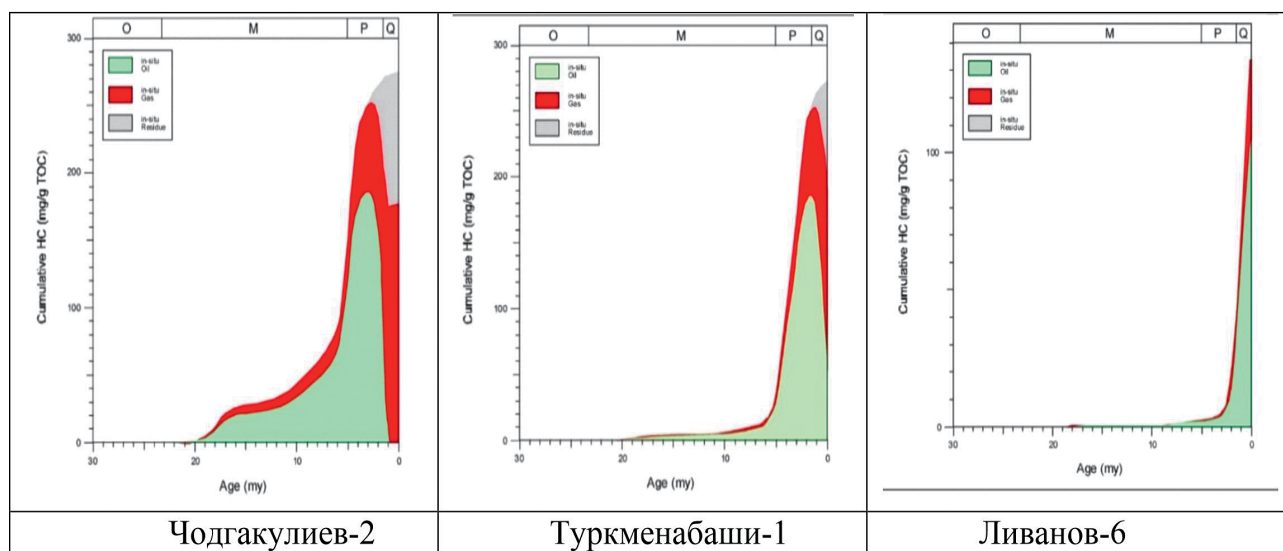


Рис. 8. Кумулятивные кривые генерации углеводородов
Fig. 8. Cumulative curves of hydrocarbon generation

с установлением вида, формы и пространственной ориентации перемещения флюидов, формированием, размещением и сохранением залежей углеводородов и прогнозом их фазового состояния. В результате исследований (V.Y. Kerimov, M.Z. Rachinsky, 2011, 2015) распределения по глубине фактических значений пластовых температур в интервале гипсометрических отметок (0) — (–6000) м Южно-Каспийский бассейн аппроксимируется следующими выражениями: $t = 13,7 + 0,196H^{0,725}$, где H — глубина (м). На рисунке 9 представлены данные, характеризующие геотемпературные условия рассматриваемого региона [22].

Форма зависимостей «температура — глубина» и «геотемпературный градиент — глубина» (градиенты определялись из условия dt/dH) (рис. 9) свидетельствует о том, что влияние механизмов, регулирующих 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 [8].

Проведенные исследования позволили охарактеризовать геотемпературную компоненту ЮКБ следующими основными чертами [13]:

- в мезозойских отложениях туркменской части ЮКБ в интервале 0,5—23 км $t_{mz} = 16,8 + 0,073H^{0,851}$ и $G_{mz}^{t} = 2,46 - 1,39$ °C/100 м (G_{mz}^{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 $G_{pg-mi} = 2720,86$ °C/100 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 $G_{rs} = 6,27 - 0,91$ °C/100 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 — от диагенеза (Д), прото- (ПК), мезо- (МК), апокатагенеза (АК) до метакатагенеза (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, градации 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

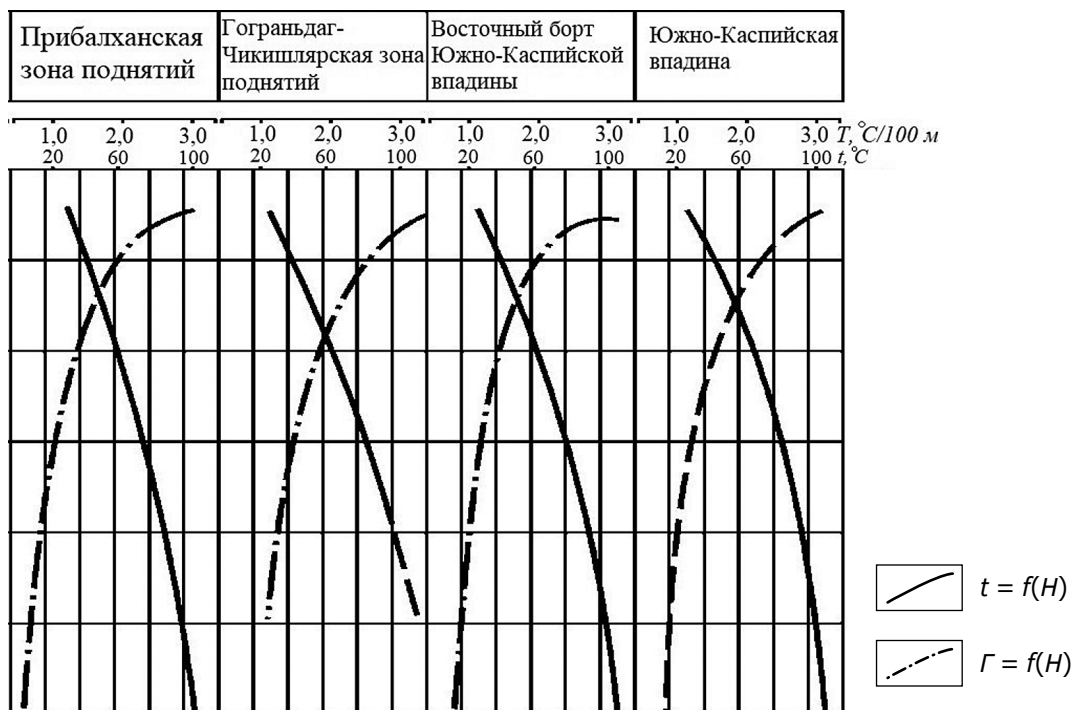


Рис. 9. Зависимость изменения температуры и геотемпературных градиентов с глубиной по отдельным зонам и районам ЮКБ(Г)

Fig. 9. The dependence of temperature changes and temperature gradients with depth for individual zones and regions of the CBC(Г)

CO₂, N₂ и других газов обстановки метаморфизма (стадия МГ) [10].

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 метакатагенеза). 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-метакатагенез 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 [20].

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 градацию 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 [28].

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 (градиация МК1) охватывает гипсометрический диапазон погружения осадков 1,6—4,1 км; главная фаза нефтеобразования (градиация МК2) — глубины 2,6—6 км [17].

Приведенные данные по палеоген-миоценовому и плиоцен-антропогеновому комплексам в сочетании с констатированной весьма низкой прогремостью 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, CO₂ и азота; **палеоген-миоценовый** (2,5—5 км, 76—237 °C) — основным донатором нефти, жирного газа, конденсата и частично позднекатагенетического метана; **плиоцен-антропогенный** — раннекатагенетического метана и относительно небольших объемов нефти ранней генерации [15].

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-антропогенного времени, характеризующегося

лавиным 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 объективно лимитацию протекания в комплексе химических реакции 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 [26].

Правомерность подобного заключения находит подтверждение в констатированных 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 затрудненного 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 [12].

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 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 метаногенеза — МГ), СИТ > 972 000 [18].

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 [29]. Зоны и участки их проявлений характеризуются приуроченностью к различным стратиграфическим комплексам, варьирующей по разрезу и площади интенсивностью, разнящимися механизмами генерации, условиями консервации и релаксации, степенью гидравлической связи с региональной гидродинамической системой и локальными водонапорными комплексами. В мезозойских отложениях в Туркменском секторе Южно-Каспийского бассейна аномально высокие давления констатированы в ряде структур восточного замыкания Прибалханской зоны, на суше Горганского прогибов [24].

Анализ площадного распределения аномально высокого пластового давления (АПВД) по всему вскрытому стратиграфическому разрезу ЮКБ 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 [9].

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. Дополнительными факторами представляются упругое сжатие природных резервуаров, реализованное как следствие неотектонических процессов, и дегидратация смектитов глинистых разностей разреза в интервале достаточных температур.

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 [21].

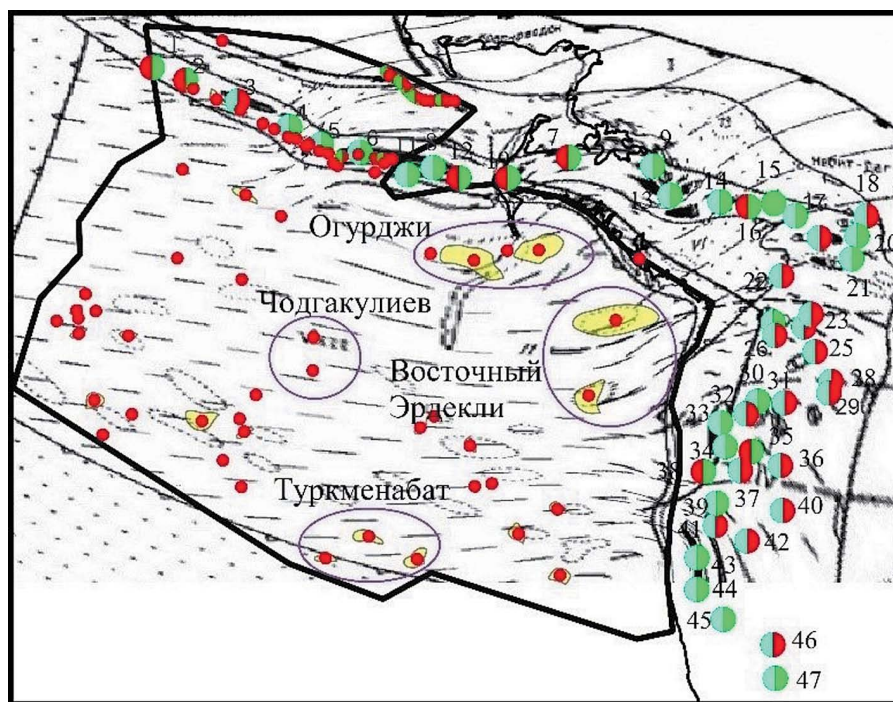
Вертикальные каналы для миграции флюидов представляют собой важные зоны для разгрузки флюидов в уплотняющиеся комплексы песков и глин. Присутствие латерального градиента давления, оказывающего влияние с юга на север через бассейн, свидетельствует о том, что вертикальная проводимость недостаточна для сброса избыточного давления [16].

Сравнивая количество генерируемого объема УВ и эмигрированного объема УВ, можно сказать, что все три нефтегазоматеринские толщи являются в равной степени перспективными (табл. 1).

В пределах исследуемой территории выявлены перспективные объекты (рис. 10) в центральной и южной части Южно-Каспийской впадины. По результатам моделирования часть структур, выявленных сейсморазведочными работами, Огурджи, Западное Эрдекли, Туркменабат, Чодгакулиев

Таблица 1. Объемные характеристики нефтегазоматеринских толщ [23]
Table 1. Volumetric characteristics of oil and gas mother strata [23]

Нефтегазоматеринские толщи	Количество генерируемого объема УВ	Количество эмигрированного объема УВ	Остаточный потенциал тыс. т	Критический момент млн лет
Миоцен-верхнеплиоценовая толща (SR4)	84 557,90	83 727,45	309,74	4,34
Средне-позднемиоценовая нефтегазоматеринская толща (SR3)	86 532,16	85 883,92	367,11	4,77
Верхнемайкопско-нижнеплиоценовая нефтегазоматеринская толща (SR2)	87 708,40	87 319,99	190,84	5,47



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

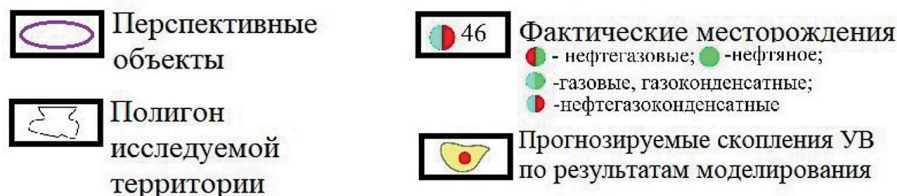


Рис. 10. Карта перспективных объектов центральной и южной части Туркменского сектора Каспийского моря
Fig. 10. Map of perspective objects of the central and southern part of the Turkmen sector of the Caspian Sea

в центральной и южной части Туркменского сектора Каспийского моря сформированы месторождения газа, в связи с чем эти структуры являются наиболее перспективными и их следует вовлекать в разведку в первую очередь [30].

Заключение

Анализ проведенного исследования позволяет сделать следующие выводы.

1. 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 глуби-

нами; 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 обрамлений бассейна к его наиболее погруженной центральной части, сопровождающаяся уменьшением в составе газов углеводородных компонентов. Проведенные исследования 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, находящиеся в зонах апокатагенеза и метагенеза 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, покрышки; выявлены перспективы нефтегазоносности, установлены основные пространственно-временные закономерности развития процессов генерации, миграции и аккумуляции углеводородных флюидов, а также условия формирования ловушек; и создана карта где показаны потенциально перспективные зоны, объекты и «плеи», определены перспективы нефтегазоносности и обоснованы основные направления поисково-разведочных работ на нефть и газ на Туркменском секторе Каспийского моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамс М.А., Нариманов А.А. Химическая оценка углеводородов и их потенциальных источников в западной части Южно-Каспийской впадины, Республика Азербайджан, 1997. С. 451—468.
2. Адамс Т. Каспийские углеводороды, политизация региональных трубопроводов и дестабилизация Кавказа // Кавказские региональные исследования. 2000. Т. 5, № 1. С. 250—260.
3. Аширмамедов М. Научные прогнозы нефтегазовых перспектив Западно-Туркменской впадины и прилегающих территорий: дисс. ... д-ра геол.-минерал. наук в форме научного отчета. Институт сейсмологии Академии наук Туркменистана, 1996. С. 25—28.
4. Бабаян Д.А., Хаджинуров Н. Отчет по проекту: Разработка комплекта геолого-геофизических карт Западного Туркменистана и прилегающей территории Каспийского моря. Туркменистан, 1995. С. 10—15.
5. 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. С. 33—40.
6. Багир-заде Ф.М., Нариманов А.А. Геолого-геохимические особенности месторождений Каспийского моря. М.: Недра, 1988. С. 92—98.
7. Гулиев И.С., Федоров Д.Л., Кулаков С.И. Нефтегазоносность Каспийского региона. Баку: Nafta-Press, 2009. С. 100—105.
8. Глумов И.Ф., Маливицкий Я.П. и др. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. М.: Недра, 2004. С. 54—55.
9. Керимов В.Ю., Лавренова Е.А., Круглякова М.В., Горбунов А.А. Перспективы нефтегазоносности п-ова Крым и Западного побережья Азовского моря // Нефтяное хозяйство. 2014. № 9. С. 66—70.
10. Керимов В.Ю., Рачинский М.З. Геофлюидодинамика нефтегазоносности подвижных поясов. М.: Недра, 2011. С. 140—143.
11. Керимов В.Ю., Рачинский М.З., Карнаухов С.М., Мустаев Р.Н. Геотемпературное поле Южно-Каспийского бассейна // Отечественная геология. 2012. № 3. С. 18—24.
12. Керимов В.Ю., Рачинский М.З., Шилов Г.Я., Мустаев Р.Н. Геологоразведочные работы в Туркменской акватории Южного Каспия — неудачи, перспективы и задачи // Нефть, газ и бизнес. 2011. № 11. С. 17—24.
13. Мамиеесов Н. Генетические предположения и условия формирования нефтяных и газовых месторождений мезозойско-кайнозойских отложений туркменского шельфа Каспийского моря. 1998. С. 56—68.
14. Максимова С.П., Клещева К.А., Шеина В.С. Геология и геодинамика нефтегазоносных территорий Юга СССР. М.: Недра, 1986. С. 79—82.
15. Шеин В.С., Клещев К.А. Новые теоретические предпосылки оценки перспектив нефтегазоносности // Обзор ВНИИОЭНГ. 1984. С. 120—126.
16. Guliyev I.S., Kerimov V.Yu., Osipov A.V. Hydrocarbon potential of Great Depths // Нефть, газ и бизнес. 2011. № 5. С. 9—16.
17. Guliev S., Mustaeв R.N., Kerimov V.Yu., Yudin M.N. Degassing of the earth: Scale and implications. Gornyi Zhurnal. 2018. No. 11. P. 38—45.

18. Kerimov V.Yu., Bondarev A.V., Mustaev R.N. Estimation of geological risks in searching and exploration of hydrocarbon deposits // *Neftyanoe Khozyaystvo — Oil Industry*. 2017. No. 8. P. 36—41.
19. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Osipov A.V. Peculiarities of Hydrocarbon Generation at Great Depths in the Crust // *Doklady Earth Sciences*. 2018. No. 483(1). P. 1413—1417.
20. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Dmitrievskiy S.S., Yandarbiev N.Sh., Kozlova E.V. The shale hydrocarbons prospects in the low permeability khadam formation of the Pre-Caucasus // *Neftyanoe Khozyaystvo — Oil Industry*. 2015. No. 10. P. 50—53.
21. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Dmitrievskiy S.S., Zaitsev V.A. Evaluation of secondary filtration parameters of low-permeability shale strata of the Maikop series of Central and Eastern Ciscaucasia by the results of geomechanics modeling // *Neftyanoe Khozyaystvo — Oil Industry*. 2016. No. 9. P. 18—21.
22. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Osipov A.V., Rachinsky M.Z. Groundwater dynamics forecasting criteria of oil and gas occurrences in Alpine mobile belt basins // *Doklady Earth Sciences*. 2017. T. 476. No. 1. P. 1066—1068.
23. 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. No. 201. P. 112—118.
24. 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*, 2008. Vol. 30, issue 1. P. 100—103.
25. Kerimov V., Rachinsky M., Mustaev R., Serikova U. Geothermal conditions of hydrocarbon formation in the South Caspian basin // *Iranian Journal of Earth Sciences*, 2018. No. 10(1). P. 78—89.
26. Kerimov V.Yu., Serikova U.S., Mustayev R.N., Guliyev I.S. Deep oil-and-gas content of South Caspian Basin // *Neftyanoe khozyaystvo — Oil Industry*. 2014. No. 5. P. 50—54.
27. Kerimov V.Yu., Shilov G.Ya., Mustayev R.N., Dmitrievskiy S.S. Thermobaric conditions of hydrocarbons accumulations formation in the low-permeability oil reservoirs of khadam suite of the Pre-Caucasus // *Neftyanoe Khozyaystvo — Oil Industry*. 2016. No. 2. P. 8—11.
28. 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*. 2018. No. 52(6). P. 344—355.
29. Rachinsky M.Z., Kerimov V.Yu. Fluid Dynamics of Oil and Gas Reservoirs, 2015. P. 1—617.
30. Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. Geofluid dynamic concept of hydrocarbon accumulation in natural reservoirs // *Doklady Earth Sciences*. 2016. No. 471(1). P. 1123—1125.
31. 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. No. 51(2). P. 122—138.

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, 1997. P. 451—468.
2. Adams T. Caspian hydrocarbons, politicization of regional pipelines and destabilization of the Caucasus // *Caucasian Regional Studies*. 2000. Vol. 5, no. 1. P. 250—260.
3. Ashirmamedov M. Scientific forecasts of oil and gas prospects of the West Turkmen Depression and adjacent territories. Dissertation for the degree of Doctor of Geological and Mineralogical Sciences in the form of a scientific report. Institute of Seismology of the Academy of Sciences of Turkmenistan, 1996. P. 25—28.
4. Babayan 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. P. 10—15.
5. Babayan D.A., Semenov V.V. New ideas about the formation of oil and gas fields in the eastern part of the South Caspian Depression // *Geology of Oil and Gas*. 1996. No. 6. P. 33—40.
6. Bagir-zadeh F.M., Narimanov A.A. Geological and geochemical features of deposits of the Caspian Sea. Moscow: Nedra, 1988. P. 92—98.
7. Guliyev I.S., Fedorov D.L., Kulakov S.I. Oil and gas potential of the Caspian region. Baku: Nafta-Press, 2009. P. 100—105.
8. Glumov I.F., Malovitskiy Ya.P., et al. Regional geology and oil and gas potential of the Caspian Sea. Moscow: Nedra, 2004. P. 54—55.
9. Kerimov V.Yu., Lavrenova E.A., Kruglyakova M.V., Gorbunov A.A. Prospects of oil and gas potential of the peninsula of Crimea and the Western coast of the Sea of Azov // *Oil industry*. 2014. No. 9. P. 66—70.
10. Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. Geofluidodynamics of oil and gas potential of mobile belts. Moscow: Nedra, 2011. P. 140—143.
11. Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z., Karnaukhov S.M., Mustaev R.N. Geotemperature field of the South Caspian basin // *Domestic geology*. 2012. No. 3. P. 18—24.
12. Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z., Shilov G.Ya., Mustaev R.N. Geological exploration in the Turkmen water area of the Southern Caspian — failures, prospects and challenges // *Oil, gas and business*. 2011. No. 11. P. 17—24.

13. Mamiesenov N. Genetic assumptions and conditions for the formation of oil and gas fields of Mesozoic-Cenozoic deposits of the Turkmen shelf of the Caspian Sea. 1998. P. 56—68.
14. Maksimova S.P., Kleshcheva K. A., Sheina V. S. Geology and geodynamics of oil and gas-bearing territories of the South of the USSR. Moscow: Nedra, 1986. P. 79—82.
15. Shein V.S., Kleshchev K.A. New theoretical prerequisites for assessing the prospects of oil and gas potential // Review of VNIIOENG. 1984. P. 120—126.
16. Guliyev I.S., Kerimov V.Yu., Osipov A.V. Hydrocarbon potential of Great Depths // Нефть, газ и бизнес. 2011. № 5. С. 9—16.
17. Guliev S., Mustaev R.N., Kerimov V.Yu., Yudin M.N. Degassing of the earth: Scale and implications. Gornyi Zhurnal. 2018. No. 11. P. 38—41.
18. Kerimov V.Yu., Bondarev A.V., Mustaev R.N. Estimation of geological risks in searching and exploration of hydrocarbon deposits // Neftyanoe Khozyaystvo — Oil Industry. 2017. No. 8. P. 36—41.
19. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Osipov A.V. Peculiarities of Hydrocarbon Generation at Great Depths in the Crust // Doklady Earth Sciences. 2018. No. 483(1). P. 1413—1417.
20. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Dmitrievsky S.S., Yandarbiev N.Sh., Kozlova E.V. The shale hydrocarbons prospects in the low permeability khadum formation of the Pre-Caucasus // Neftyanoe Khozyaystvo — Oil Industry. 2015. No. 10. P. 50—53.
21. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Dmitrievsky S.S., Zaitsev V.A. Evaluation of secondary filtration parameters of low-permeability shale strata of the Maikop series of Central and Eastern Ciscaucasia by the results of geomechanics modeling // Neftyanoe Khozyaystvo — Oil Industry. 2016. No. 9. P. 18—21.
22. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Osipov A.V., Rachinsky M.Z. Groundwater dynamics forecasting criteria of oil and gas occurrences in Alpine mobile belt basins // Doklady Earth Sciences. 2017. T. 476. No. 1. P. 1066—1068.
23. 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. No. 201. P. 112—118.
24. 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, 2008. Vol. 30, issue 1. P. 100—103.
25. Kerimov V., Rachinsky M., Mustaev R., Serikova U. Geothermal conditions of hydrocarbon formation in the South Caspian basin // Iranian Journal of Earth Sciences, 2018. No. 10(1). P. 78—89.
26. Kerimov V.Yu., Serikova U.S., Mustayev R.N., Guliyev I.S. Deep oil-and-gas content of South Caspian Basin // Neftyanoe khozyaystvo — Oil Industry. 2014. No. 5. P. 50—54.
27. Kerimov V.Yu., Shilov G.Ya., Mustayev R.N., Dmitrievskiy S.S. Thermobaric conditions of hydrocarbons accumulations formation in the low-permeability oil reservoirs of khadum suite of the Pre-Caucasus // Neftyanoe Khozyaystvo — Oil Industry. 2016. No. 2. P. 8—11.
28. 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. 2018. No. 52(6). P. 344—355.
29. Rachinsky M.Z., Kerimov V.Yu. Fluid Dynamics of Oil and Gas Reservoirs, 2015. P. 1—617.
30. Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. Geofluid dynamic concept of hydrocarbon accumulation in natural reservoirs // Doklady Earth Sciences. 2016. No. 471(1). P. 1123—1125.
31. 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. No. 51(2). P. 122—138.

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.

Идиятуллина Э.З. — присоединилась к подготовке текста статьи, выполнила перевод на английский язык 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.

Elmira Z. Idiyatullina — joined the preparation of the text of the article, translated into English and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: lubava45@gmail.com
тел.: +7 (965) 429-39-79
SPIN-код: 9363-4064
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5981-5202>

Ulyana S. Serikova — Cand. of Sci. (Tech.), Assoc. Prof., Lecturer at the Department of Geology and Exploration of Hydrocarbon Deposits of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
e-mail: 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 1-го курса кафедры геологии и разведки месторождений углеводородов ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: 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* — 1st year post-graduate researcher of the Department of Geology and Exploration of Hydrocarbon Deposits of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
e-mail: mehrik_allanazarova@mail.ru
tel.: +7 (968) 385-97-91
SPIN-code: 9360-8406
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3450-2714>

Идиятуллина Эльмира Занфировна — студентка 5-го курса кафедры геологии и разведки месторождений углеводородов ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: idiyatullinae@icloud.com
тел.: +7 (917) 492-12-71
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7192-9015>

Elmira Z. Idyatullina — a 5th year student of the Department of Geology and Exploration of Hydrocarbon Deposits of Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
e-mail: idiyatullinae@icloud.com
tel.: +7 (917) 492-12-71
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7192-9015>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-41-53>
УДК 550.8.013



ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ПЛАСТОВЫХ ДАВЛЕНИЙ В АКВАТОРИИ ПРИСАХАЛИНСКОГО ШЕЛЬФА

А.К. ШАТЫРОВ

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

АННОТАЦИЯ

Введение. Рассматриваются условия особенностей распределения аномальных пластовых давлений в акватории Присахалинского шельфа с использованием скважинных данных.

Цель. Проанализировать генезис зон аномально высоких поровых давлений (АВПоД) и аномально высоких пластовых давлений (АВПД) и выявление неоднородностей поровых давлений Присахалинского шельфа.

Материалы и методы. Систематизация данных и статистическое обобщение, частичное заимствование материалов из промысловых данных, справочной литературы и опубликованных материалов. Моделирование процесса образования АВПоД (АВПД) выполнялось с использованием программы «PetroMod» (Шлюмберже).

Результаты. В результате исследований выделены зоны АВПоД на Присахалинском шельфе, относящиеся к сингенетическим АВПоД, которые обычно встречаются в развитых вниз по региональному падению фациях, состоящих из дельтовых осадков, отложенных поочередно в обстановках внутренней неритовой (солончато-водные и прибрежно-морские осадки) и средней неритовой (мелководные морские осадки) зон, т.е. там, где обычно велика скорость осадконакопления. С этой позиции изучены АВПоД (АВПД) в дельтовых отложениях Палео-Амура на Присахалинском шельфе. Различными методиками и прямыми скважинными замерами было доказано присутствие зон АВПоД (АВПД) в разрезе, в пределах Присахалинского шельфа в нескольких скважинах зафиксировано повышение пластового давления, т.е. выявлены зоны аномально высоких пластовых давлений (АВПД). Моделирование процесса образования АВПоД (АВПД) основано на знаниях о процессах уплотнения горных пород, их начальных, конечных и нормальных свойствах пористости, плотности и давления

Ключевые слова: АВПД, АВПоД, АНПД, Сахалин, поровое давление, пористость, УВ

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Шатыров А.К. Особенности распределения аномальных пластовых давлений в акватории Присахалинского шельфа. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2022;64(5):41—53. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-41-53>

Статья поступила в редакцию 10.10.2022

Принята к публикации 11.11.2022

Опубликована 19.12.2022

DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF ABNORMAL FORMATION PRESSURES IN THE AQUATIC AREA OF THE SAKHALIN SHELF

ANAR K. SHATYROV

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

ABSTRACT

Introduction. The conditions determining the distribution of abnormal formation pressures in the aquatic area of the Sakhalin shelf are analysed using boring data.

Aim. To analyse the genesis of abnormally high pore pressure (AHPP) or abnormally high formation pressure (AHFP) zones and identify the pore pressure heterogeneities of the Sakhalin shelf.

Materials and methods. Data systematization and statistical generalization, partial borrowing of materials from field data, reference literature and published materials. Modelling of the AHPP (AHFP) formation process was performed using the PetroMod software (Schlumberger).

Results. The study revealed the isolated AHPP zones of the Sakhalin shelf, related to the syngenetic AHPPs and typically encountered in facies that develop downward the regional dip and consist of deltaic sediments, formed subsequently in the environments of internal neritic (subsaline-aqueous and offshore-marine sediments) and middle neritic (shallow marine sediments) zones, i.e., in places with the large mass accumulation rate. From this position, the AHPPs (AHFPs) in the Paleo-Amur deltaic sediments of the Sakhalin shelf were studied. Various procedures and direct borehole measurements proved the sectional presence of AHPP (AHFP) zones. Within the limits of the Sakhalin shelf, an increase in the formation pressure is recorded in several boreholes, i.e., zones of abnormally high formation pressure (AHFP) are revealed. The process of forming AHPP (AHFP) should be modelled based on the knowledge about the compaction processes of rocks, as well as their initial, final and normal porosity, density and pressure.

Keywords: AHFP, AHPP, ALFD, Sakhalin, pore pressure, porosity, HC

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

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

For citation: 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;64(5):41—53. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-41-53>

Manuscript received 10 October 2022

Accepted 11 November 2022

Published 19 December 2022

Без учета роли пластовых (поровых) давлений невозможно понять сущность многих геологических процессов и явлений, а также производить успешное бурение [15]. При этом повышенный интерес представляют зоны аномально высоких поровых (АВПоД) и пластовых давлений (АВПД), существующие в разрезах многих нефтегазовых комплексов.

Пластовые и поровые давления в водонапорных системах могут достигать значений, которые существенно отличаются от нормального гидростатического давления (P_n гидр.). Аномально высоким пластовым (поровым) давлением АВПД (АВПоД) считают давление, отвечающее неравенству:

$P_a > P_n$ гидр., и аномально низким пластовым (поровым) давлением АНПД (АНПоД) считают давление, когда выполняется неравенство $P_a < P_n$ гидр. [11]. Под аномально высоким здесь и далее понимается давление, превышающее условное гидростатическое (давление столба жидкости плотностью 1000 кг/куб. м и высотой от точки вскрытия пласта до поверхности земли) на 15—20% (на практике иногда до 30%). Для изучения распределения давлений по разрезу и их изменений по площади используют коэффициент аномальности. В общем случае коэффициентом аномальности (K_a) называют отношение аномального пластового или порового давления P_a

к нормальному гидростатическому давлению **Рн. гидр.**, вычисленному для той же глубины.

На Присахалинском шельфе (Северо-Сахалинская НГО) наиболее распространены на традиционных глубинах, к которым приурочены открытые залежи углеводородов, глинистые покрывки с повышенными или аномально высокими значениями поровых давлений. Считается, что такие интервалы могут ограничивать вертикальную миграцию флюидов в песчано-алевритовых и карбонатных пластах. Так, например, на Чайвинском месторождении в песчано-алевритово-глинистой толще окобыкайской свиты в интервале 1340—3378 м отмечено разгазирование бурового раствора, что может указывать на наличие АВПод [7].

Как известно, все механизмы образования аномальных давлений входят в следующие четыре группы: литогенетические, вертикально-миграционные, эндогенно-энергетические, гидродинамические [13].

В пределах Охотского моря зафиксировано повышение пластового давления в нескольких скважинах Северо-Сахалинского бассейна. На месторождении Аркутун-Дагинское на глубине 2414—2420 м коэффициент аномальности пластового давления составляет 1,4, в интервале 2600—2627 м в нижненутовских отложениях коэффициент аномальности возрастает до 1,6. На Дагинской площади на глубине 2670 м коэффициент аномальности составляет 1,6. На Чайвинском месторождении в песчано-алевритово-глинистой толще окобыкайской свиты в интервале 1340—3378 м отмечено разгазирование бурового раствора, что может указывать на наличие АВПД [8]. По данным Славина [4], на месторождении Окружное (о. Сахалин) зафиксировано АВПД конседиментационного генезиса. Всего в пределах Сахалинской НГО выявлено АВПД в 18 скважинах [10].

Представляет интерес установление природы возникновения АВПод (АВПД) в разрезах скважин шельфа Северо-Сахалинского НГО, в особенности влияние неотектонических движений. Для определения влияния неотектонических движений в разрезах месторождений шельфовой части Северо-Сахалинской НГО прежде всего были изучены (электрический каротаж) глинистые отложения-покрывки как в окобыкайском горизонте, так и в верхней части нутовского горизонта, расположенные над имеющимися здесь залежами УВ [9]. При этом никакого увеличения удельных сопротивлений глин установлено не было,

что свидетельствует об отсутствии внедрения углеводородных флюидов из нижележащих продуктивных пластов с АВПД в покрывку.

Методы исследований

Моделирование процесса образования АВПод (АВПД) основано на знаниях о процессах уплотнения горных пород, их начальных, конечных и нормальных свойствах пористости, плотности и давления. Моделирование было проведено с использованием программы «PetroMod» (Шлюмберге). Процесс уплотнения пород в случае нормального уплотнения описывается двумя взаимосвязанными параметрами. Были использованы показатели стандартных литологий, представленные в ПО «PetroMod», с параметрами $r_{мин} = 3000 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_{фл} = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Моделирование нормального уплотнения, без образования избыточных давлений, было успешно проведено на примере Дагинского песчаника, по которому имеется большой объем данных по керну, где независимо определялись оба параметра уплотнения.

Различными методиками и прямыми скважинными замерами было доказано присутствие зон АВПод (АВПД) в разрезе. Поэтому проводилась калибровка модели по давлениям, что представляет собой некоторую сложность, т.к. любое изменение в избыточном давлении сопровождается изменением в пористости и плотности породы.

Результаты исследований

В результате исследований выяснено, что выделенные нами зоны АВПод на Присахалинском шельфе Северо-Сахалинской НГО относятся к сингенетическим АВПод, для которых регионально прослеживается не связанная со структурными условиями аномальная пористость глинистых отложений в зонах АВПод и, соответственно, аномально высокое поровое давление. Следует отметить, что АВПод (АВПД) обычно встречаются в развитых вниз по региональному падению фациях, которые состоят из дельтовых осадков, отложенных поочередно в обстановках внутренней неритовой (солончатково-водные и прибрежно-морские осадки) и средней неритовой (мелководные морские осадки) зон, т.е. там, где обычно велика скорость осадконакопления. С этой позиции необходимо изучить АВПод (АВПД) в дельтовых отложениях Палео-Амура на Присахалинском шельфе Охотского моря.

Результаты определения поровых давлений и зон АВПод в глинистых отложениях разрезов

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

скважин № 1 Киринское, № 2 Южно-Киринское и № 1 Мынгинское Киринского блока на Присахалинском шельфе показаны на рисунке 1.

На изученной территории продуктивные отложения приурочены к нутовскому и дагинскому горизонтам. Представляет значительный интерес определение геодинамических характеристик покрышек, контролирующих запасы углеводородов в разрезе вышеназванных горизонтов. При формировании любого осадочного бассейна происходит ряд химических, физических и геологических процессов, влияющих как на литологический состав осадочных отложений, развитие здесь коллекторских интервалов, покрышек, так и на качество природных флюидов [12].

При прогрессирующем захоронении и последующем уплотнении песков и илов происходит

увеличение температур и поровых давлений в геологическом разрезе. Одним словом, процессы, которые формируют осадочный бассейн на протяжении геологического времени, определяют современное распределение пористости, проницаемости и *геофлюидальных давлений* внутри осадочных бассейнов и отдельных месторождений. Знание особенностей такого распределения вышеуказанных параметров во многом влияет также на успешность бурения и эксплуатацию месторождений.

Дагинский горизонт (N^{1-2}_{dg}), соответствующий верхней части нижнего миоцена и нижней части среднего миоцена, на Сахалинском шельфе, как правило, представлен переслаиванием песчаников, алевролитов и глин [5]. Этот горизонт является продуктивным на многих месторождениях

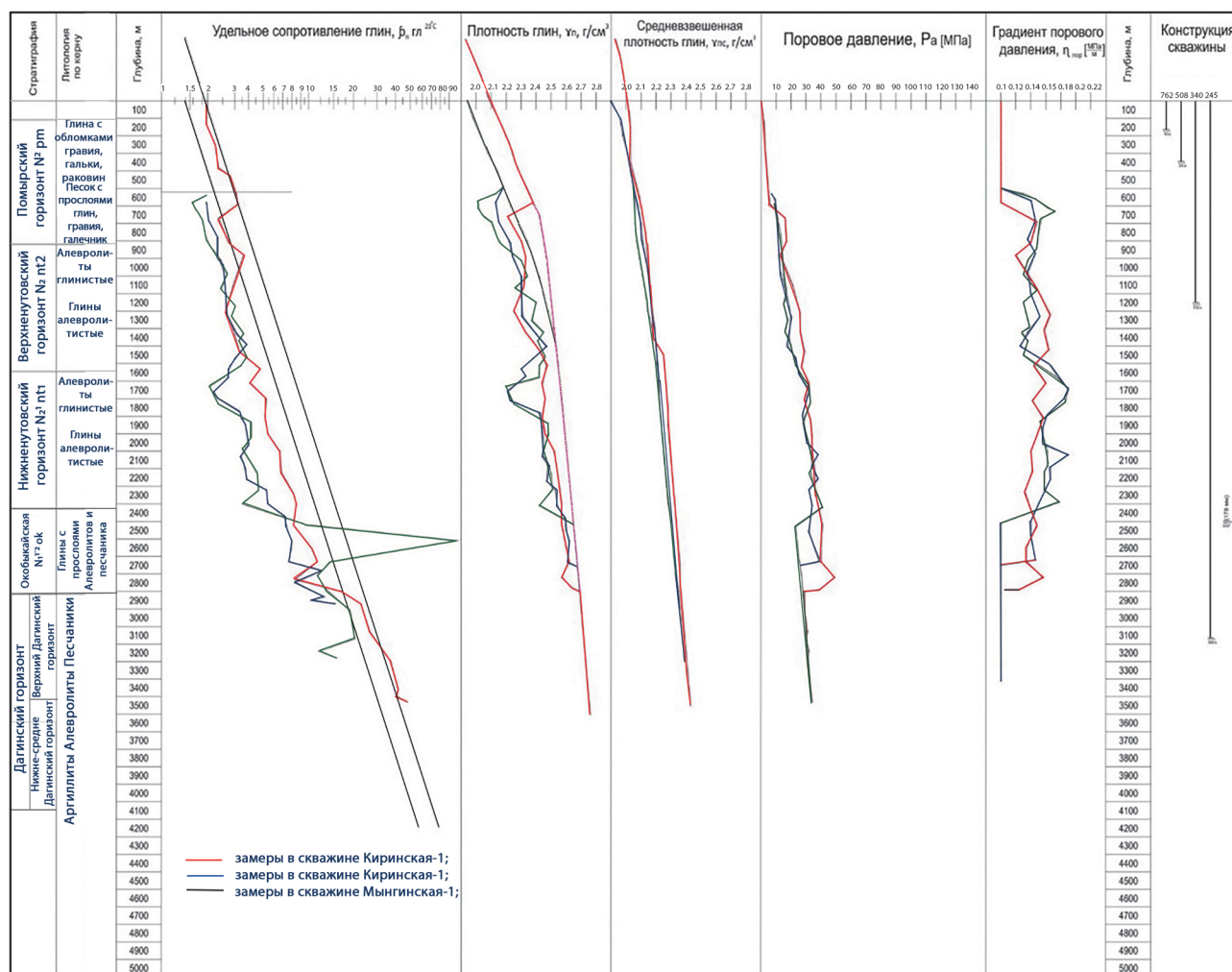


Рис. 1. Распределение поровых давлений в разрезах скважин № 1 Киринское, № 2 Южно-Киринское и № 1 Мынгинское

Fig. 1. Distribution of pore pressures in the sections of wells No. 1 Kirinskoye, No. 2 Yuzhno-Kirinskoye and No. 1 Mynginskoye

шельфа Северо-Сахалинской НГО. Мощность этого горизонта может достигать 1500—1900 м. Развитие дагинских отложений определялось наличием мощной дельтовой системы, сформированной крупными реками (Палео-Тумнин, Палео-Амур и Палео-Амгунь), стекавшими с возвышенностей Азиатского материка. В составе дагинского горизонта выделяются три подгоризонта, соответственно, ниже-, средне- и верхнедагинский подгоризонты. Для углеводородных залежей дагинского горизонта в качестве покрывки служит глинистые пачки окобыкайской свиты, залегающей непосредственно над отложениями рассматриваемого продуктивного горизонта.

Нутовский горизонт продуктивен на Пильтун-Астохском месторождении, где открыты залежи УВ в 15 пластах, на Астохском участке — в 5 пластах. Для них покрывками служат глинистые отложения верхненутовского горизонта.

Как известно, изолирующие свойства глинистых покрывок наилучшим образом характеризуют градиенты поровых давлений, которые в них распространены. Чем выше АВПод в глинистых покрывках, тем надежнее сохраняется залежь углеводородов, которую контролируют эти покрывки [6]. Существуют три возможных варианта сочетания коллекторов с преимущественно глинистыми толщами: 1) над глинами; 2) в самой глинистой толще; 3) перекрытые глинами.

В последнем случае породы-покрывки реализуют себя в различного рода ловушках, прежде всего превышением порового давления над пластовым давлением в нижезалегающих продуктивных пластах-коллекторах, т.е. породы-покрывки выступают здесь как барьеры давления. Считается, что такие интервалы глинистых пород могут ограничивать вертикальную миграцию флюидов в песчано-алевритовых и карбонатных разрезах [3]. Рассмотренная картина в полной мере присуща строению дагинского нефтегазоносного комплекса на шельфе Северо-Восточного Сахалина, тогда как второй вариант соответствует строению нутовского нефтегазоносного комплекса.

Для оценки поровых давлений в глинистых покрывках нами была использована методика эквивалентных глубин [16], в том числе ее модификация [1], когда устанавливалось наличие размыва отложений. Всего на шельфе Сахалина нами было исследовано распределение поровых давлений в глинах в разрезах Пильтун-Астохского, Южно-Аяшского, Киринского, Южно-Киринского и Мынгинского поднятий. Результаты этих исследований показаны на профиле, приведенном на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, в разрезах всех скважин уверенно выделяется окобыкайская покрывка с градиентами поровых давлений до 0,18 МПа/м. По всей вероятности, она является региональной покрывкой и надежно сохраняет залежи углеводородов в дагинском горизонте месторождений Киринского блока. Верхненутовская покрывка, которая изолирует залежи углеводородов в нижненутовском горизонте Пильтун-Астохского месторождения, на изученной территории выглядит менее надежно, чем глинистая покрывка в окобыкайском горизонте. Градиенты поровых давлений здесь не превышают 0,15 МПа/м, она более протяженная и является неоднородной.

Таким образом, определяющим моментом фациального изменения неогеновых отложений от континентальных до глубоководных является заполнение глубоководного морского бассейна выносами продвигающейся на восток крупной дельты Палео-Амура. По мере проградационного заполнения бассейна мощным потоком осадков происходило последовательное смещение всех фациальных зон к востоку. Положение параличской и прибрежно-морской зон, где формировалась осадочная последовательность, наиболее благоприятно для формирования резервуаров, определяет и приуроченность основных ресурсов УВ.

Этим же вызвана отчетливая площадная зональность в стратиграфической приуроченности запасов нефти и газа и омоложение с юго-запада на северо-восток главного этажа нефтегазоносности. Для Пограничного, Дагинско-Астрахановского, Охинского, Одоптинского районов характерны, соответственно, следующие нефтегазоносные комплексы: даехуриинско-уйнинский, дагинский, окобыкайский и нутовский.

Отмеченные нефтегазоносные комплексы, за исключением даехуриинско-уйнинского, представлены переслаиванием песчаников, алевритов и глин преимущественно прибрежно-морского генезиса, в Дагинско-Астрахановском районе в составе НГК широко развиты параличские угленосные толщи. Очень характерен даехуриинско-уйнинский НГК. Его нижняя (даехуриинская) часть сложена глинисто-кремнистыми породами и силицитами.

Наиболее распространенной глинистой толщей является окобыкайская свита мощностью от 200 до 2000 м, служащая главным флюидопором в Дагинском районе. Все месторождения этого района связаны с дагинскими песчаниками, залегающими под окобыкайской покрывкой.

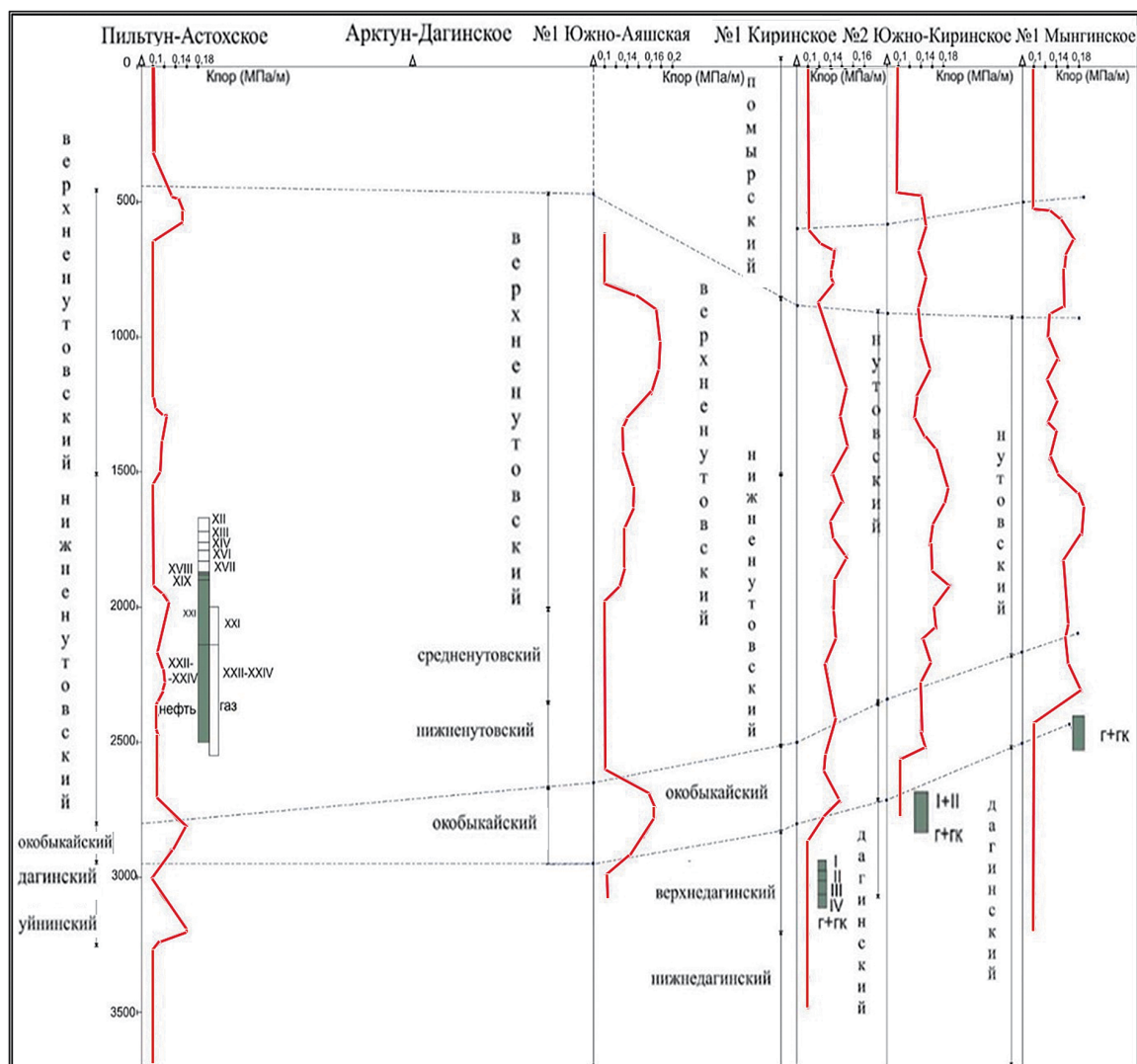


Рис. 2. Сопоставление поровых давлений в разрезах скважин на северо-восточном шельфе о. Сахалин
Fig. 2. Comparison of pore pressures in well sections on the northeastern shelf of Sakhalin

В северных районах бассейна роль флюидоупоров выполняют сравнительно выдержанные пакки глин в окобыкайской и нутовской свитах. В месторождениях залежи нефти и газа встречаются под всеми глинистыми флюидоупорами мощностью более 40 м, а наиболее крупные из них экранируются крышками мощностью более 80 м. Под глинистыми разделами менее 5 м сохраняются лишь единичные мелкие залежи.

В Дагинском районе главный интервал нефтегазонакопления определяется положением кровли окобыкайского горизонта (наиболее глубокая залежь — 4850 м), в северных районах — глубиной залегания отложений с наилучшим сочетанием свойств коллекторов и крышек. Здесь 70% запасов сосредоточено на глубине до 2 км.

Для Дагинского района характерен пластово-массивный, для остальных районов — пластовый резервуар.

Наилучшими коллекторскими свойствами обладают песчаники дагинского, окобыкайского и нутовского горизонтов. Значения их открытой пористости в 20—30% и проницаемости более 100 мД сохраняются до глубин погружения 2—3 км (градиация катагенеза $ПК_3$ — $МК_1$).

Основными нефтегенерирующими толщами в Северо-Сахалинской НГО являются сравнительно глубоководные, выдержанные по площади кремнисто-глинистые и глинистые толщи даехуриинского и уйнинского горизонтов и миоценовые отложения, резко фациально изменяющиеся от континентальных угленосных образований

на западе до сравнительно глубоководных глин на востоке.

В шельфовых зонах всех нефтегазоносных областей Сахалина основная нефтегазоносность связывается с терригенными поровыми коллекторами среднего-верхнего миоцена-плиоцена и трещинно-поровыми коллекторами олигоцен-нижнемиоценовых силицитов.

На шельфе Сахалина открыто 8 месторождений: Одоптинское, Пильтун-Астохское, Аркутун-Дагинское, Чайвинское, Лунское, Кириновское, Вениновское и Изильметьевское. Все они, кроме мелкого Изильметьевского месторождения, располагаются в Северо-Сахалинской НГО.

Практически все месторождения шельфа Северо-Сахалинской НГО, кроме Вениновского, по величине запасов относятся к категории крупных. Все они приурочены к структурным ловушкам, представляющим собой как крупные многокупольные мегантиклинали, так и одиночные брахиантиклинали. С трехкупольными мегантиклиналями связаны Одоптинское, Пильтун-Астохское и Аркутун-Дагинское месторождения, объединенные в Одоптинскую зону нефтегазоаккумуляции. К брахиантиклиналям приурочены остальные месторождения.

В северной части шельфа Северо-Восточного Сахалина (месторождения Одоптинское, Пильтун-Астохское, Аркутун-Дагинское и Чайвинское) все залежи УВ сосредоточены в отложениях нижненутовского подгоризонта (верхний миоцен) на глубинах от 1100 до 2900 м. Месторождения — многопластовые (10—15 пластов). Резкие фациальные замещения пород в восточном направлении при переходе нутовских прибрежно-морских образований в сравнительно глубоководные отложения часто определяют восточные ограничения многих залежей. Литологический контроль залежей связан с резкой глинизацией и выклиниванием продуктивных пластов к востоку. Это затрудняет прогноз объема коллекторов и заставляет уменьшать ресурсы УВ нижненутовского комплекса в зонах возможного нефтегазоаккумуляции, расположенных восточнее открытых месторождений.

В более южной части шельфа Северо-Восточного Сахалина (месторождения Лунское, Кириновское и Вениновское) залежи УВ связаны с нижне-среднемиоценовым дагинским комплексом. Если в северном районе многопластовые месторождения состоят из самостоятельных пластовых залежей, то для южного района характерна уравновешенная автономная система с пластовыми массивными водоплавающими залежами

с едиными водонефтяными контактами. Здесь залежи перекрыты мощной субрегиональной глинистой окобыкайской покрывкой, что отражается и на фазовом составе УВ. Если на севере содержание свободного газа в залежах варьирует от 20 до 50%, то на юге в залежах дагинской свиты оно составляет ~ 70%.

Моделирование процесса образования АВПод (АВПД) основано на знаниях о процессах уплотнения горных пород, их начальных, конечных и нормальных свойств пористости, плотности и давления. Таким образом, процесс уплотнения пород в случае нормального уплотнения описывается двумя взаимосвязанными параметрами (рис. 3). На рисунке показаны стандартные литологии, представленные в ПО «PetroMod» с параметрами $\rho_{мин} = 3000 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_{фл} = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Различными методиками и прямыми скважинными замерами было доказано присутствие зон АВПод (АВПД) в разрезе. Поэтому существует необходимость калибровать модели по давлениям, что представляет собой некоторую сложность, т.к. любое изменение в избыточном давлении сопровождается изменением в пористости и плотности породы. Кроме того, на распределение давлений оказывают влияние обширно развитые тектонические нарушения, которые, скорее всего, служили каналами разгрузки избыточных давлений в глубоководных отложениях.

Появление избыточных давлений в разрезах Северо-Сахалинского бассейна обусловлено процессами недоуплотнения глин, а неотектоническое влияние на распределение давлений пренебрежимо мало (по крайней мере, в заключительный, неогеновый этап формирования бассейна). Как было показано выше, самым показательным интервалом АВПод является Окобыкайская толща по нескольким причинам.

1. Присутствие в ней современного состояния недоуплотнения и зоны АВПод со значениями градиента порового давления до 1,8 МПа/м.

2. Литологическая однородность на значительной территории является региональной покрывкой.

3. Отсутствие, по данным широкополосного акустического каротажа, современного напряжения в глинистых породах [2], что позволяет исключить неотектоническое влияние с минимальной ошибкой.

Очевидно, что усреднение окобыкайской толщи до стандартной глины не даст ожидаемых результатов по формированию избыточных давлений. Поэтому нами были использованы

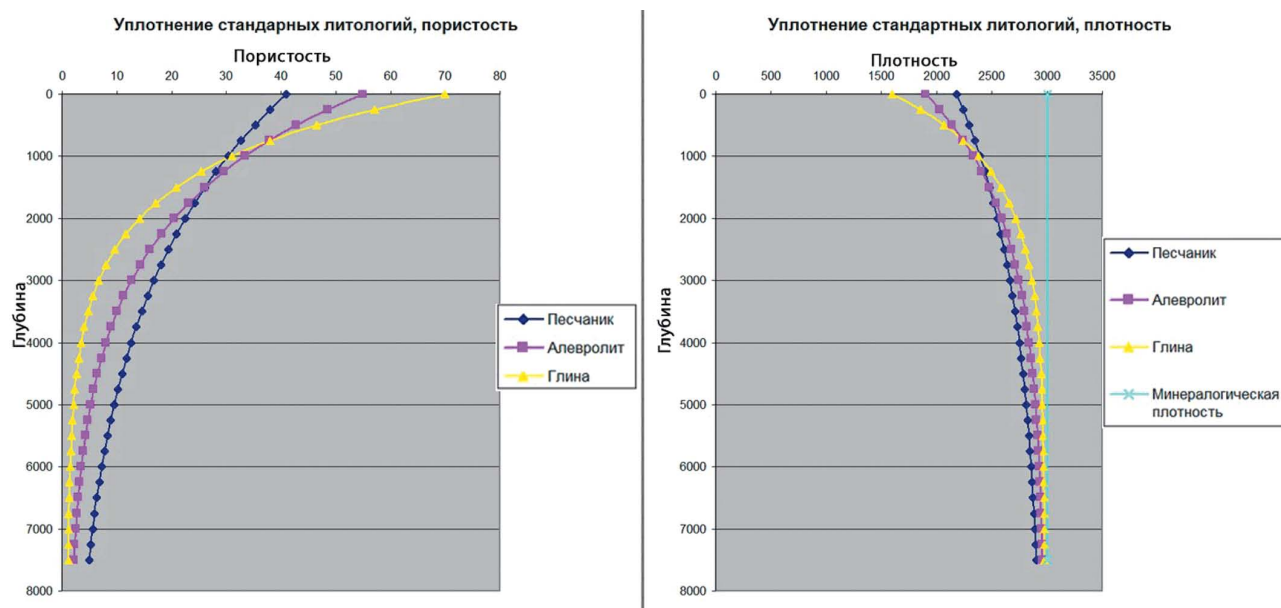


Рис. 3. Кривые нормального уплотнения стандартных литологий, рассчитанные с помощью ПО «Petromod»
Fig. 3. Normal compaction curves for standard lithologies calculated using the Petromod software

результаты геофизических исследований скважин Киринского лицензионного участка, а именно кривые RHOZ (объемная плотность по ГГК-п), SPHI (Акустическая пористость), DTCO (Интервальное время пробега продольной волны). Осредняющие кривые RHOZ для Окобыкайской толщи по разным скважинам были нанесены на один график, где выделялись линии минимальных и максимальных значений, а также среднее значение плотности на конкретной глубине (рис. 4).

На фоне общего тренда увеличения плотности с глубиной можно выделить несколько особенностей.

1. В интервале глубин 2350—2650 м по средней плотности наблюдается отрицательная аномалия плотностей.

2. В верхней и нижней части окобыкайской толщи дисперсия плотности уменьшается, в то время как в центральной части толщи (2350—2650 м) наравне с общим уменьшением плотности наблюдается увеличение разброса значений вокруг среднего.

Результат обработки пористости менее выражен, однако сохраняет все признаки недоуплотнения пород с образованием АВПоД в окобыкайской толще (рис. 5). Особенно выделяется всплеск максимальных пористостей в интервале глубин 2400—2600 м.

Все эти особенности вместе с тем фактом, что окобыкайскую толщу перекрывают и подстилают коллекторы нутовского и дагинского горизонтов

соответственно, приводят нас к выводу о том, что прилегающие к коллекторам части окобыкайского горизонта уплотнились до своего нормального состояния, т.к. в процессе уплотнения избыточная вода смогла уйти в зону разгрузки. В то же самое время центральные части окобыкайского горизонта не могли своевременно уплотниться до нормального состояния за счет недостаточности оттока избыточной воды. Чтобы получить линию нормального уплотнения глин по плотности, мы интерполировали плотности в средней части окобыкайской толщи, соединив линией плотности нормально уплотненных глин в верхней и нижней частях окобыкайской толщи. Все отклонения от этой линии считались зонами аномальных давлений. Именно эта линия нормального уплотнения бралась нами за основу при создании моделей уплотнения окобыкайской толщи (рис. 6).

Далее, принимая выбранный закон уплотнения породы за истину, нами была выполнена калибровка поровых давлений. Как известно, возникновение и масштаб избыточных давлений напрямую связаны не только с процессом уплотнения породы, но и с ее ФЕС [14], а именно со взаимосвязью «пористость—проницаемость» (рис. 7). Благодаря проделанной работе и полученным результатам нам удалось смоделировать зону АВПоД в окобыкайской толще (рис. 8).

Усреднение сопоставленных плотностей и пористости по нескольким скважинам имеет смысл, если необходимо создать единую модель уплотнения,

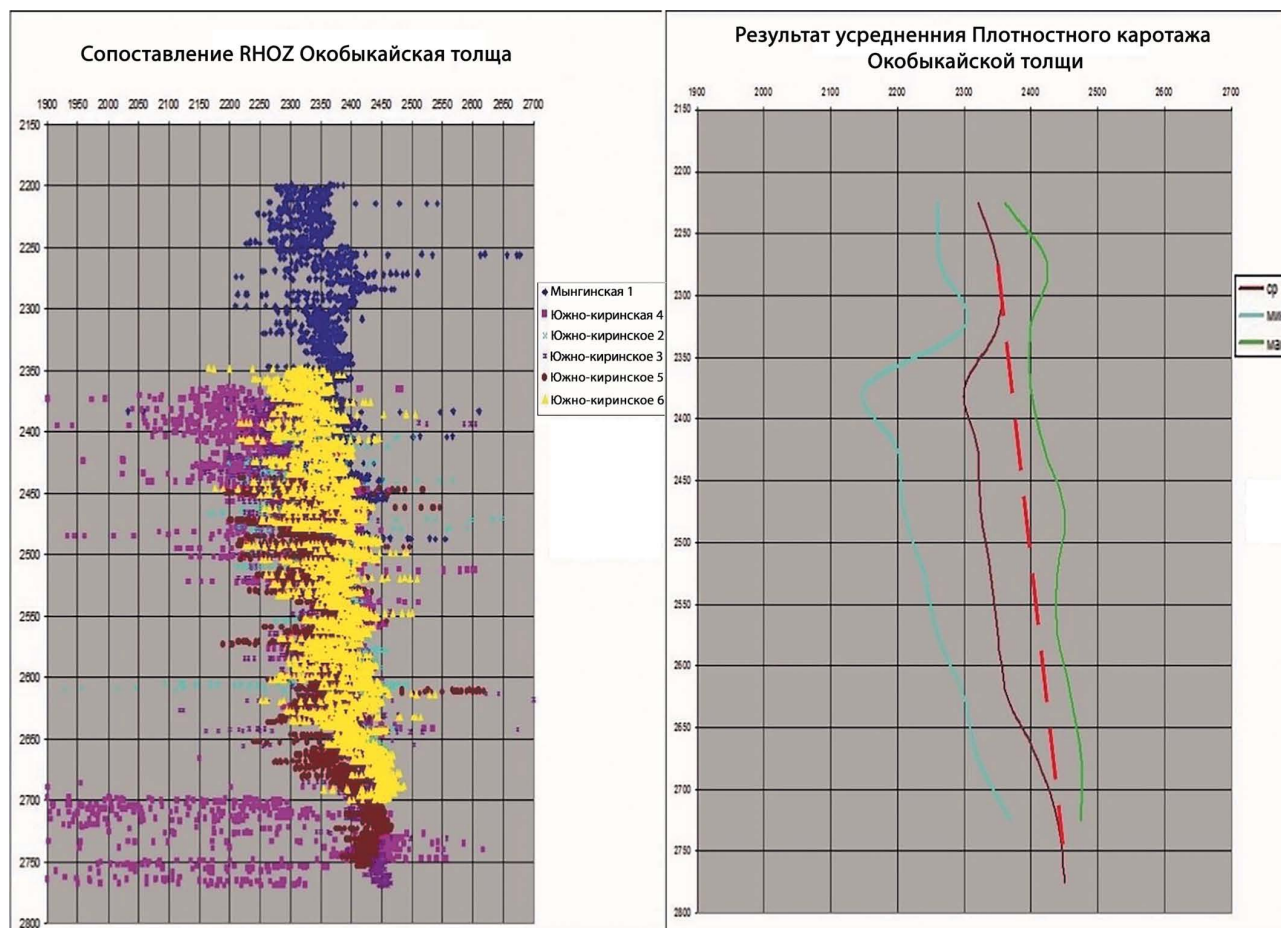


Рис. 4. Слева: сопоставление кривых RHOZ Окобыкайской толщи по скважинам Киринского лицензионного участка. Справа: результат интервального усреднения минимальных, максимальных и средних значений плотностей, красный пунктир — линия нормального уплотнения

Fig. 4. Left: Comparison of RHOZ curves for the Okobykai strata for wells in the Kirinsky license area. Right: the result of interval averaging of the minimum, maximum and average densities, the red dotted line is the line of normal compaction

описывающую процесс сокращения пористости и увеличения плотности для целого горизонта мощностью до 600 м и простирающегося на тысячи квадратных километров. Однако применять такое усреднение для точной скважиной калибровки неверно, т.к. различия в глубине залегания, фациальных условий и прочее неизбежно потеряются в столь грубом усреднении, а использовать неизменные кривые RHOZ и SPHP (вертикальное разрешение до 25 см) для калибровки нет ни необходимости (вертикальное разрешение модели 50 м), ни возможности. Поэтому для целей точной скважинной калибровки 3D-моделей кривые ГИС усреднялись по каждой скважине отдельно, аналогично сопоставленным кривым.

Кроме того, непосредственное влияние на процесс формирования зон АВПоД (АВПД) оказывают

наличие или отсутствие зон разгрузки, по которым избыточное давление покидает пласт. Такими зонами разгрузки, очевидно, являются разломные нарушения, широко представленные на площади исследования. Однако на данном этапе изучения невозможно сделать однозначный вывод как о проводимости тех или иных разломных нарушений, так и о времени их активации. Поэтому для первичного расчета поровых давлений нами задавалась искусственная зона разгрузки в Дагинском коллекторе (рис. 8).

В результате проведенных расчетов удалось повторить основные характеристики зоны АВПоД в Окобыкайской толще. Так, максимальный градиент давления составил $\sim 1,3$ МПа/м, в то время как методикой эквивалентных глубин здесь прогнозируются величины до 1,8 МПа/м.

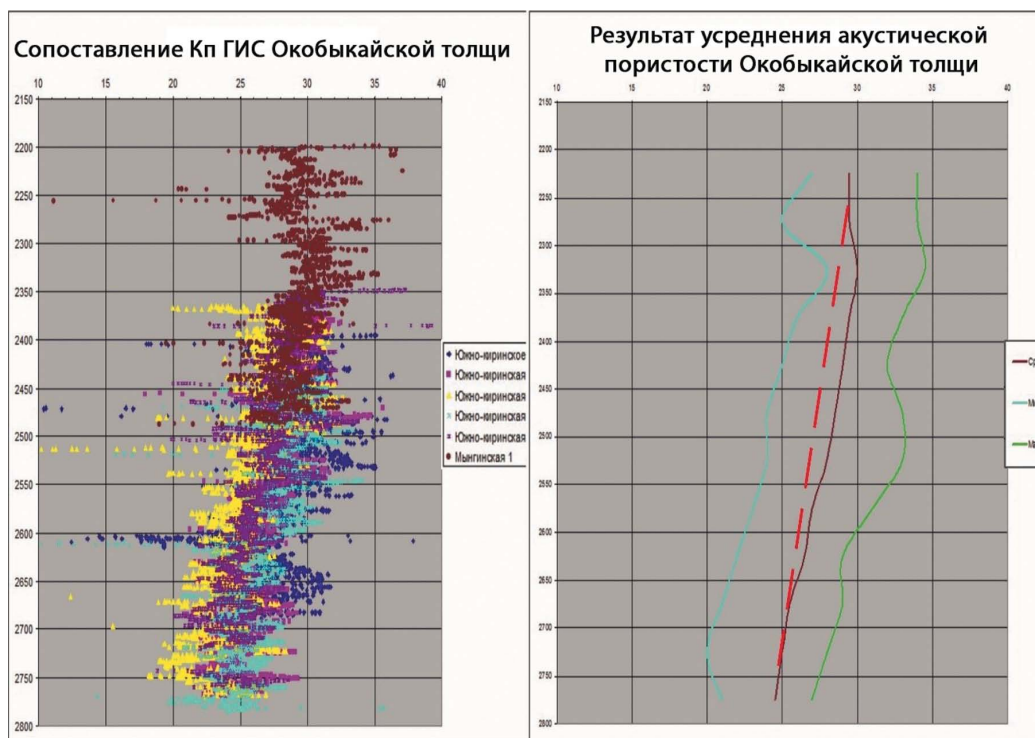


Рис. 5. Слева, сопоставление кривых SPHP Окобыкайской толщи по скважинам Киринского лицензионного участка. Справа — результат интервального усреднения минимальных, максимальных и средних значений пористости, красный пунктир — линия нормального уплотнения

Fig. 5. On the left, comparison of the SPHP curves of the Okobykai strata for the wells of the Kirinsky license area. On the right is the result of interval averaging of the minimum, maximum and average porosity values, the red dotted line is the line of normal compaction

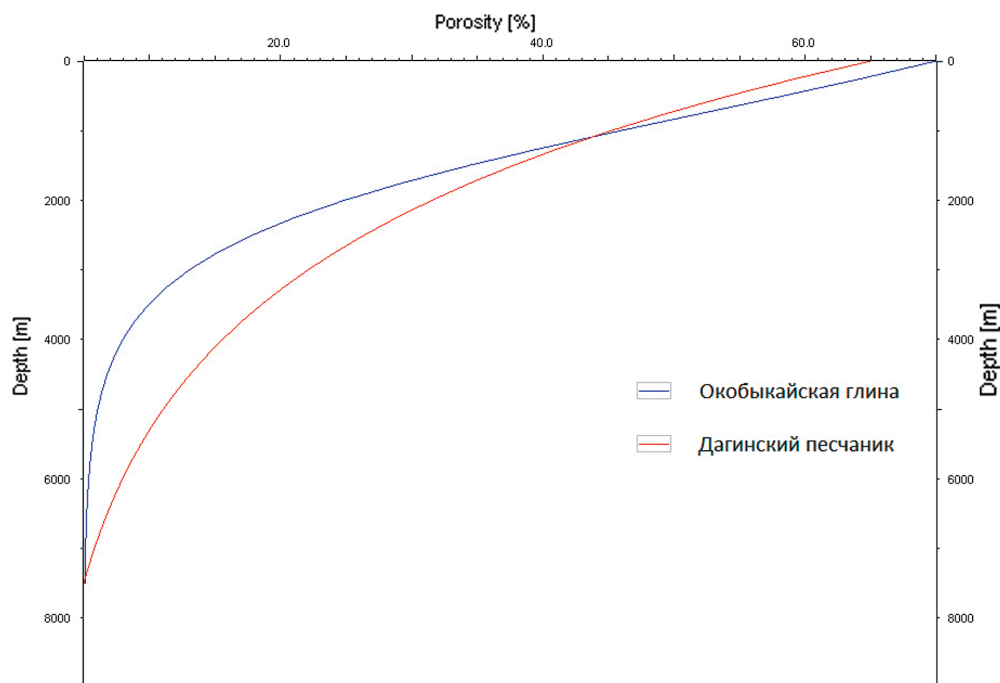


Рис. 6. Модели уплотнения пород Присахалинского шельфа, принятые по результатам первичной калибровки

Fig. 6. Rock compaction models of the Sakhalin shelf, adopted based on the results of the initial calibration

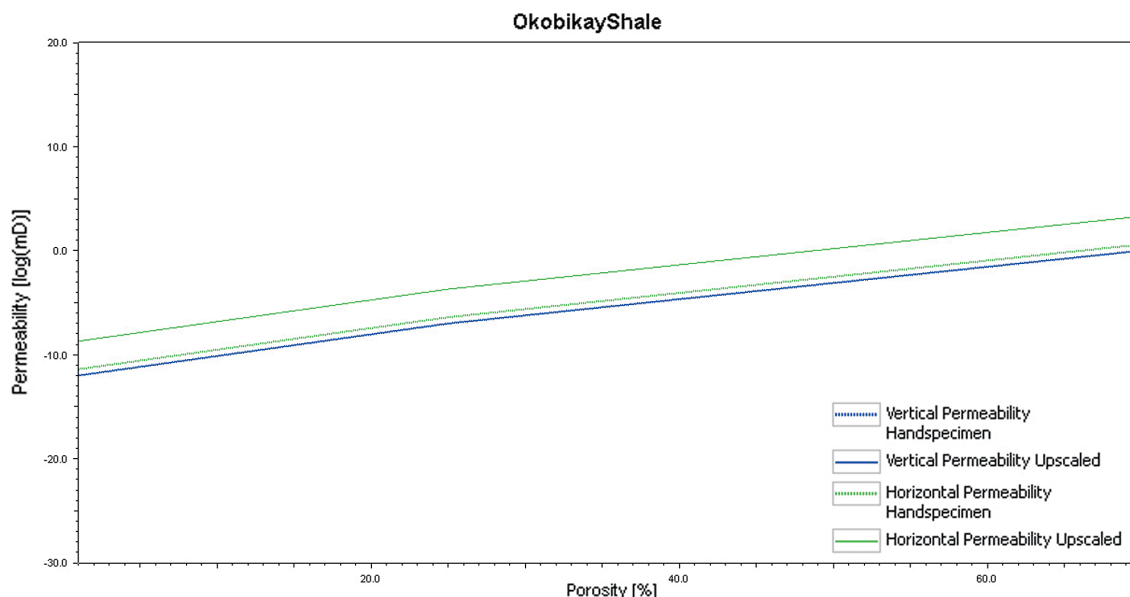


Рис. 7. Взаимосвязь пористости и логарифма проницаемости Окобыкайской толщи

Fig. 7. Interrelation of porosity and permeability logarithm of the Okobykay strata

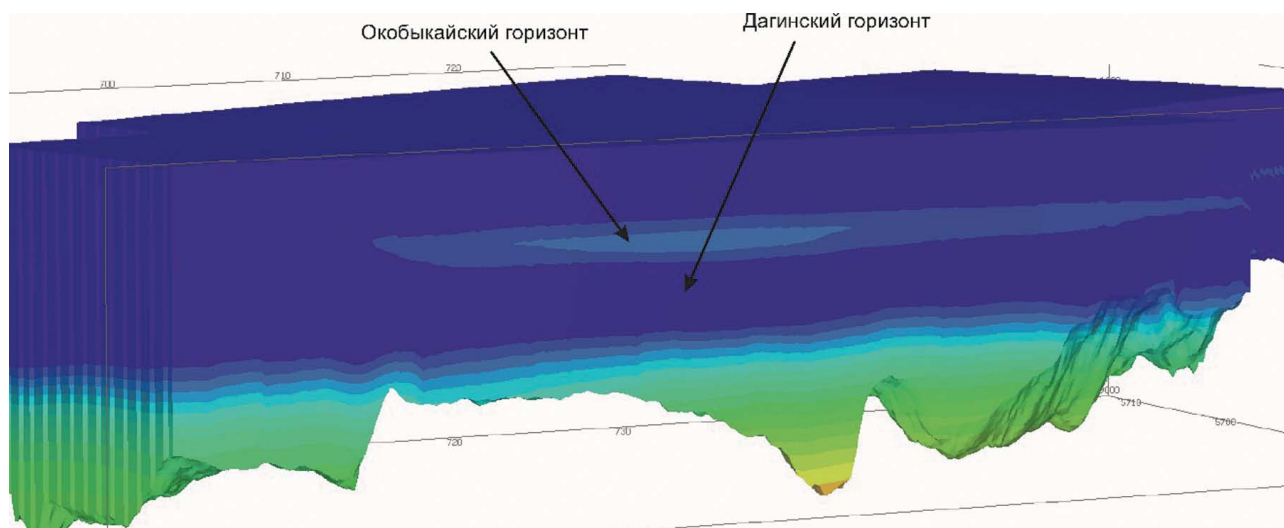


Рис. 8. Трехмерная модель развития поровых давлений на Киринском ЛУ

Fig. 8. Three-dimensional model of the development of pore pressures in the Kirinsky license area

Мы объясняем такую разницу неправильностью выбора зоны разгрузки избыточных давлений. Так, миграция избытков воды через разломы представляется не только более правдоподобной, но и более медленной по сравнению с миграцией избытков воды через дагинский пласт за пределы моделирования. Именно замедление оттока воды через разломы может дать недостающие 0,5 МПа/м градиента давления в Окобыкайскую толщу.

На данный момент полученные результаты нельзя считать окончательными и откалиброванными. Необходимо определиться с проводимостью

и временами активации разломов и заново откалибровать модель по пористости, проницаемости и давлениям.

Заключение

Изучение характеристики изолирующих свойств покрышек нефтегазоносных комплексов по оценкам аномально высоких поровых давлений в глинах в разрезах скважин лицензионного блока САХАЛИН-3 показало, что необходимыми качествами для сохранения залежей УВ здесь обладают окобыкайские глины (дагинско-окобыкайский

нефтегазоносный комплекс). На участке «Сахалин-3» значительный интерес в этом отношении представляют Айяшский и Западно-Айяшский объекты. Они расположены на глубинах воды 45—50 м.

Анализ генезиса зон АВПод на рассматриваемом шельфе показал, что их образование связано с элизионным механизмом образования АВПод, что позволило для оценки поровых давлений глини использовать методику эквивалентных глубин.

В разрезах всех изученных скважин уверенно выделяется окобыкайская покрывка с градиентами поровых давлений до 0,18 МПа/м. По всей

вероятности, она является региональной покрывкой и надежно сохраняет залежи углеводородов в дагинском горизонте месторождений Киринского блока.

Верхненутовская покрывка, которая изолирует залежи углеводородов в нижненутовском горизонте Пильтун-Астохского месторождения, на изученной территории выглядит менее надежно, чем глинистая покрывка в окобыкайском горизонте. Градиенты поровых давлений здесь не превышают 0,15 МПа/м, она более протяженная и является неоднородной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров Б.Л., Шилов Г.Я., Скрипка А.А. Оценка АВПод в условиях внутриформационных размывов разреза на Мессояхской группе месторождений углеводородов // Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина. 2010. № 3(260). С. 23—33.
2. Андреев А.А., Воробьев В.М. О тектонике Охотоморского региона в свете геомагнитных данных // Тихоокеанская геология. 1991. № 1. С. 27—33.
3. Аникиев К.А. Аномально высокие пластовые давления в нефтяных и газовых месторождениях. Л.: Недра, 1964. 168 с.
4. 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.
5. Вержбицкий Е.В., Кононов М.В. Геодинамическая эволюция литосферы Охотоморского региона по геофизическим данным // Физика Земли. 2006. № 6. С. 47—59.
6. Дзюбло А.Д., Шнип О.А., Халимов К.Э. Геологическое строение и нефтегазоносность Киринского блока шельфа о. Сахалин // Нефть, газ и бизнес. 2013. № 3. С. 26—32.
7. Керимов В.Ю., Бондарев А.В., Сизиков Е.А., Синявская О.С., Макарова А.Ю. Условия формирования и эволюция углеводородных систем на Присахалинском шельфе Охотского моря // Нефтяное хозяйство. 2015. № 8. С. 22—27.
8. Керимов В.Ю., Рачинский М.З. Геофлюидодинамика нефтегазоносности подвижных поясов. М.: Недра, 2011. 598 с.
9. Керимов В.Ю., Сизиков Е.А., Синявская 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.
10. Керимов В.Ю., Шилов Г.Я., Серикова У.С. Геологические риски при поисках и разведке месторождений нефти и газа и пути их снижения // Нефть, газ и бизнес. 2014. № 8. С. 44—52.
11. Керимов В.Ю., Шилов Г.Я., Серикова У.С. Стратегия и тактика освоения углеводородных ресурсов на шельфе РФ // Нефть, газ и бизнес. 2014. № 7. С. 28—34.
12. Маргулис Л.С. Нефтегазоперспективные формации кайнозоя Южного Сахалина // Осадочные формации нефтегазоносных областей Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 31—52.
13. Мартынов В.Г., Керимов В.Ю., Шилов Г.Я., Рачинский М.З. Геофлюидальные давления и их роль при поисках и разведке месторождений нефти и газа. М.: Инфра-М. 2013, 347 с.
14. Мудрецов В.Б., Жильцов А.М. Аномальные сейсмоакустические зоны на северо-восточном шельфе о. Сахалин // Тихоокеанская геология. 1990. № 3. С. 108—112.
15. Шилов Г.Я. Геологические аспекты оценки поровых давлений в разрезах скважин по геофизическим данным. М.: ООО «Газпромэкспо», 2010. 126 с.
16. Шилов Г.Я., Джафаров И.С. Генетические модели осадочных и вулканогенных пород и технология их фацальной интерпретации по геолого-геофизическим данным. М.: Информационный центр ВНИИгеосистем, 2001, 394 с.

REFERENCES

1. Aleksandrov B.L., Shilov G.Ya., Skripka A.A. Estimation of AVPOD in the conditions of intraformational erosion of the section at the Messoyakha group of hydrocarbon deposits // Proceedings of the Russian State University of Oil and Gas. I.M. Gubkina. 2010. No. 3(260). P. 23—33.
2. Andreev A.A., Vorobyov V.M. On the tectonics of the Sea of Okhotsk region in the light of geomagnetic data // Pacific Geology. 1991. No. 1. P. 27—33.
3. Anikiev K.A. Abnormally high formation pressures in oil and gas fields. Leningrad: Nedra, 1964. 168 p.
4. 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.
5. Verzhbitsky E.V., Kononov M.V. Geodynamic evolution of the lithosphere of the Sea of Okhotsk region according to geophysical data // Physics of the Earth. 2006. No. 6. P. 47—59.
 6. Dzyublo A.D., Shnip O.A., Khalimov K.E. Geological structure and oil and gas content of the Kirinsky block of the shelf Sakhalin // Oil, gas and business. 2013. No. 3. P. 26—32.
 7. Kerimov V.Yu., Bondarev A.V., Sizikov E.A., Sinyavskaya O.S., Makarova A.Yu. Conditions for the Formation and Evolution of Hydrocarbon Systems on the Sakhalin Shelf of the Sea of Okhotsk Oil industry. 2015. No. 8. P. 22—27.
 8. Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. Geofluid dynamics of oil and gas potential of mobile belts. M.: Nedra, 2011. 598 p.
 9. Kerimov V.Yu., Sizikov E.A., Sinyavskaya O.S., Makarova A.Yu. Conditions for the formation and search for hydrocarbon deposits in turbidite reservoirs of the Sea of Okhotsk // Oil, gas and business. 2015. No. 2. P. 32—37.
 10. Kerimov V.Yu., Shilov G.Ya., Serikova U.S. Geological risks in prospecting and exploration of oil and gas fields and ways to reduce them // Oil, gas and business. 2014. No. 8. P. 44—52.
 11. Kerimov V.Yu., Shilov G.Ya., Serikova U.S. Strategy and tactics for the development of hydrocarbon resources on the shelf of the Russian Federation // Oil, gas and business. 2014. No. 7. P. 28—34.
 12. Margulis L.S. Oil and gas prospective formations of the Cenozoic of South Sakhalin // Sedimentary formations of the oil and gas bearing regions of the Far East. Vladivostok: DVNTs of the USSR Academy of Sciences, 1975. P. 31—52.
 13. Martynov V.G., Kerimov V.Yu., Shilov G.Ya., Rachinsky M.Z. Geofluid pressures and their role in prospecting and exploration of oil and gas fields. Moscow: Infra-M, 2013. 347 p.
 14. Mudretsov V.B., Zhiltsov A.M. Anomalous seismic-acoustic zones on the northeastern shelf of about. Sakhalin // Pacific Geology. 1990. No. 3. P. 108—112.
 15. Shilov G.Ya. Geological aspects of estimating pore pressures in well sections from geophysical data. Moscow: LLC "Gazpromexpo", 2010. 126 p.
 16. Shilov G.Ya., Jafarov I.S. Genetic models of sedimentary and volcanogenic rocks and the technology of their facial interpretation based on geological and geophysical data. M.: Information Center of VNIIGeosystems, 2001. 394 p.

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
тел.: +7 (926) 142-77-63
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
tel.: +7 (926) 142-77-63
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3450-5325>



АРКТИЧЕСКИЕ ОБЛАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ГАЗОНЕФТЕНОСНОСТИ. ПЕРСПЕКТИВЫ НОВЫХ ОТКРЫТИЙ

Е.В. СКОРОБОГАТОВА

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

АННОТАЦИЯ

Введение. Приведен анализ геологического строения и газонефтеносности Арктической области Западной Сибири.

Цель. Оценить начальные потенциальные и неоткрытые ресурсы газа, а также вероятные открытия и приросты разведанных запасов за 2023—2040 гг.

Материалы и методы. Проанализированы особенности геологического строения и газонефтеносности недр арктических областей и регионов Западно-Сибирского мегабассейна и мегапровинции: Ямальской, Гыданской, Южно-Карской с губами (шельф), западной части Енисей-Хатангской: запасы углеводородов (УВ) — свободного газа, нефти и конденсата, размещение скоплений УВ-залежей в объеме осадочного юрско-мелового чехла (кайнозой-верхняя региональная покрывка), газонефтяная геостатистика и крупность месторождений и залежей.

Результаты. Проанализировано изучение недр Ямало-Карского и Гыдано-Енисейского регионов суши и шельфа, сделан прогноз и оценка начальных потенциальных и неоткрытых ресурсов газа, а также вероятные приросты разведанных запасов за 2023—2040 гг. Сравнительная ресурсная геостатистика суши и шельфа несколько преждевременна, но, по мнению большинства исследователей, на суше уже исключены неоткрытые гиганты (>0,3 трлн м³), а на шельфе возможны и сверхгигантские месторождения газа (уникальные исключены), но сколько их, возможно, будет — покажут только поисково-разведочные работы в максимально благоприятных структурно-тектонических условиях.

Заключение. Ямало-Карский регион станет крупнейшим стратегическим центром газодобычи Западной Сибири и России в целом, а Гыдано-Енисейский регион — тактическим по масштабу центром.

Ключевые слова: газ, нефть, Арктика, Ямал, Гыдан, шельф, поиски, месторождение, залежь, запасы, ресурсы, разлом, покрывка, уголь, перспективы

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Скоробогатова Е.В. Арктические области Западной Сибири. Сравнительный анализ геологического строения и газонефтеносности. Перспективы новых открытий. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2022;64(5):54—63. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-54-63>

Статья поступила в редакцию 09.11.2022

Принята к публикации 12.12.2022

Опубликована 19.12.2022

ARCTIC REGIONS OF WESTERN SIBERIA. A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE AND GAS AND OIL PRESENCE. PROSPECTS FOR NEW DISCOVERIES

EKATERINA V. SKOROBOGATOVA

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

ABSTRACT

Introduction. An analysis of the geological structure and gas and oil presence of the Arctic region in Western Siberia is carried out.

Aim. To assess the potential and undiscovered gas resources, as well as to forecast prospects and potential of explored reserves for 2023–2040.

Materials and methods. The geological structure and gas and oil presence specific to Arctic regions and regions of Western Siberian megabasin and megaprovince, including Yamal, Gydan, Southern-Kara with bays (shelf) and western part of the Yenisei-Khatanga, were analysed. In these locations, hydrocarbon reserves (HC) of non-associated gas, crude and condensate, HC accumulations in the volume of a sedimentary Jurassic-Cretaceous cover (Cenozoic upper regional seal), oil-and-gas and geostatistics, as well as the scale of layers and deposits, were assessed.

Results. The resources of Yamal-Kara and Gydan-Yenisei land and shelf regions were assessed. A forecast was made concerning the potential and undiscovered gas resources, as well as possible increments of explored reserves for 2023–2040. The comparative resource geostatistics of the land and shelf appears to be somewhat premature. However, according to most researchers, land undiscovered giants (>0.3 trillion m^3) can be already excluded, while shelf supergiant gas fields are possible (unique ones are excluded). Nevertheless, their number can only be evaluated by prospecting and exploration in the most favourable structural and tectonic conditions.

Conclusion. The Yamal-Kara region can become the largest strategic gas production centre of both Western Siberia and Russia as a whole, while Gydan-Yenisei region can be a tactical centre.

Keywords: gas, oil, Arctic, Yamal, Gydan, shelf, prospecting, deposit, field, reserves, resources, fault, seal, coal, potential

Conflict of interest: the author declares that there is no conflict of interest.

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

For citation: Skorobogatova E.V. Arctic regions of Western Siberia. A comparative analysis of the geological structure and gas and oil presence. Prospects for new discoveries. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2022;64(5):54–63. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-54-63>

Manuscript received 09 November 2022

Accepted 12 December 2022

Published 19 December 2022

Среди 12 осадочных бассейнов и мегабассейнов на территории России и окружающих ее арктических и дальневосточных морей крупнейшим по площади является Восточно-Сибирский мегабассейн и мегапровинция, богатейшим по газу и нефти — Западно-Сибирский мегабассейн и мегапровинция (ЗСМБ/П).

За семь десятилетий изучения и освоения недр ЗСМП (1953—2022 гг.) в ее пределах открыто 935 месторождений углеводородов

(МУВ) — свободного газа (СГ) и нефти (Н), большинство НМ находится в центральных, западных и юго-восточных преимущественно и исключительно нефтеносных областях и районах (Среднеобской и др.). На севере и в Арктике число открытых МУВ не превышает 300.

В северных и арктических преимущественно газоносных частях мегапровинции выделяются регионы: Надым-Пур-Тазовский, Ямало-Карский (суша + шельф) и Гыдано-Енисейский (НПТР,

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

ЯКР и ГЕР) с областями: Надым-Пурской и Пур-Тазовской (север, суша, газа больше, чем нефти), Ямальской, Гыданской и Енисей-Хатангской (Арктика, суша + шельф, в т.ч. Южно-Карская газоносная «морская» область — ЮКО). В арктических областях на суше нефти мало, в ЮКО нет совсем (в виде открытых залежей). Западно-Сибирская Арктика (ЗСА) — наименее изученная часть мегапровинции, особенно ее акваториальная часть. Именно с арктическими областями связано будущее развитие газовой отрасли промышленности России, ее минерально-сырьевой базы (МСБ) и добывающих комплексов.

Первое в Западно-Сибирской Арктике месторождение — Новопортовское НГКМ — было открыто в 1964 г. Оно, кстати, недоизучено, недоразведано до сих пор (низы юры, нефтегазоносная зона контакта — НГЗК и «коренной» палеозой-доюрский фундамент), хотя добыча нефти уже началась из валанжин-среднеюрских (7—8 млн т/год) залежей.

В изучении геологического строения осадочно-го чехла (мезозой + палеоген) и складчатого фундамента ЗСА принимали участие Д.А. Астафьев, А.М. Брехунцов, Т.А. Веренинова, В.И. Ермаков, В.Д. Копеев, И.И. Нестеров-мл., В.А. Скоробогатов, Д.А. Соин, Л.В. Строганов, А.В. Ступакова, А.В. Толстиков и др. Результаты исследований опубликованы в ряде статей и монографий [1—18 и др.].

По данным ряда исследователей [1, 10], всего в пределах ЗСА пробурено 1180 поисковых и разведочных скважин глубиной от 0,9 до 4,2 км, открыто 39 МУВ в ЯКР (в т. ч. на шельфе — «всего» 12), 30 в ГЕР, в т. ч. ряд месторождений типа суша/море (Харасавэйское, Крузенштерновское, Геофизическое и др., в т. ч. все МУВ в Тазовской губе — Антипаютинское и др.). Размещение месторождений в арктических областях и регионах показано на рисунке 1.

Тектонодинамическое развитие и современное геологическое строение областей ЗСА



Рис. 1. Обзорная схема арктической части Западной Сибири с открытыми в ее пределах месторождениями
Fig. 1. Overview diagram of the Arctic part of Western Siberia with deposits discovered within it

относительно хорошо изучено на суше, особенно на Ямале (760 глубоких скважин). В пределах отдельных МУВ (перспективных площадей) число построенных скважин на разную глубину насчитывает многие десятки (Новопортовское — 145, Бованенковское — 76 и др. на Ямале, Утреннее — 25 на Гыдане и т.д.), в силу «многоэтажности» их строения [1, 4, 7, 8, 9, 13]. Изученность морских площадей остается крайне низкой (на большинстве — по одной поисковой скважине, на некоторых — 2, в Обской губе — до трех поисковых и разведочных скважин — Каменномыское — море и т.д.). Во всей ЮКО известна только одна «юрская» скважина, пробуренная и вскрывшая юрский комплекс — ЮК, но не испытанная («месторождение» Победа на Университетской площади в Предновоземельской части шельфа. Официально — открыто фактически — нет. Нет притоков, нет залежей УВ, а промыслово-геофизические исследования в скважинах — не прямой показатель газо- и нефтепродуктивности...).

Сопряженные в пространстве Ямальская и Южно-Карская области, входящие в регион, с одной стороны, максимально изучены до средней юры на Ямале (на уровне 70—75 %), с другой — практически не изучены в ЮКО даже по среднемеловым толщам (низы апта, верхи неокома).

Мощность триас-палеогенового осадочного чехла, залегающего на герцинском фундаменте в ЯКР, увеличивается от 0—1 км на юго-западе, вблизи складчатого обрамления мегабассейна, до 7—8 км в северных районах суши и шельфа. С юго-востока на северо-запад Ямалского полуострова вдоль Нурминского мегавала значительно увеличиваются мощности всех осадочных толщ: нижне-среднеюрской от 500 до 1500 м и более, готерив-аптской от 400 до 1200 м, альб-сеноманской от 350 до 750 м, резко увеличивается общая мощность и особенно глинистость разреза, прежде всего нижней глинистой покрывки верхней юры-валанжина (от 50 до 600 м). Центрально-северная часть ЮКО является главным эпицентром мезозойского осадконакопления в ЗСМБ (Пухучанская впадина) [16, 18].

Главные литолого-фациальные особенности Ямала: высокая мористость и общая глинистость раз-

реза нижнего мела и юры, наличие большого числа зональных глинистых покрывок в сеномане, апте и неокоме и достаточно мощной (50—120 м) областной нижнеальбской покрывки, упорядоченное литологическое строение нижне-среднеюрской толщи (наличие выдержанных в пространстве песчано-алевролитовых горизонтов Ю₂—Ю₁₂, однако небольшой мощности), развитие континентальной угленосной формации в объеме баррема-апта с большим числом пластов и линз углей (40—60) и углистых глин и субугленосной формации альба-сеномана.

Газо- и нефтепродуктивность коллекторских толщ мела и юры

Важнейшее значение для развития МСБ газодобычи в ЯКР имеют меловые продуктивные комплексы:

- Аптский (гор. ТП₁—ТП₁₅);
- Альб-сеноманский (гор. ПК, ХМ).

Отмечается «затухание» газоносности от баррема к готериву (валанжин-глины).

Особенности продуктивности юрского комплекса пород (нижне-среднеюрская песчано-глинистая толща, 500—1400 м) отражены в таблице 1.

Тектоническое строение ЯКР относительно спокойное (по сравнению с НПТР). Здесь выделен один крупный — Нурминский мегавал, Тамбейский свод и ряд валов и куполовидных поднятий. Термобарические условия на большей части Ямала — благоприятные для сохранности коллекторов и УВ-скоплений, кроме Харасавэйской зоны термоаномалии, большая часть которой расположена в акваториальной части (геотемпературы в кровле средней юры составляют 120—130 °С против 90—105 °С на суше региона) [1, 9].

Почти все локальные структуры в ЯКР имеют конседиментационный генезис и развивались в течение всего послееюрского времени. Большинство тектонических структур II и III порядков снизу вверх выполаживаются, «затухают» к подошве турно-олигоценовой — верхней региональной покрывки, в Ямальской области часто они осложнены по своду и/или на крыльях дизъюнктивными нарушениями различной морфологии (с амплитудами перемещения пород от 10 до 35—40 м).

Таблица 1. Юрский продуктивный комплекс Ямало-Карского региона. Современная газо- и нефтепродуктивность
Table 1. Jurassic productive complex of the Yamal-Kara region. Modern gas and oil productivity

Юго-восток Ямала	Центр	Северо-запад, север	ЮКО
Нефти — много Газа — мало	Ничего нет... пока (плотные коллекторы)	Немного газа, отсутствие нефти в скоплениях	? (плотные коллекторы) По окраинам — СГ + Н

ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОДОВ / GEOLOGY AND PROSPECTING FOR HYDROCARBON RESERVES

В восточных районах ЗСА резко увеличивается песчаность меловых комплексов, снижается мощность и надежность всех покрышек и интервал продуктивности (до верхней юры — валанжина); как следствие, условия для сохранности газа в виде

залежей ухудшаются, а крупность газосодержащих скоплений снижается, и на востоке ГЕР не открыто ни одного гигантского месторождения типа ГК/ГКН (более 300 млрд м³).

Сведения о газо(нефте)носности областей ЗСА приведены в работах [1—4, 6, 10, 15]. В арктической части мегапровинции, к западу от р. Енисей, не обнаружено ни одного чисто нефтяного месторождения — все типа Г, ГК, ГКН, НГК. Очень показательный факт преимущественной газоносности недр. Впрочем, в центрально-западных нефтеносных областях ЗСМП известен ряд областей и районов без СГ (газовые/газоконденсатные залежи отсутствуют): Салымский НГР, Фроловская, Каймысовская НГО и др. Размещение залежей УВ в породах неокома-апта и верхних горизонтов юры показано на рисунках 2, 3.

Из 39 открытых к 2022 г. в ЯКР месторождений (27 на Ямале, в т. ч. 4 типа суша/море, 8 в ЮКО — на Приямальском шельфе и 4 в Обской губе) 32 относятся к газовым и газоконденсатным и только 7 к нефтесодержащим, типа ГКН (5) и НГК (2) — Новопортовское и Ростовцевское.

По крупности и типу (суммарным геологическим разведанным запасам и фазовому состоянию) месторождения ЯКР распределяются следующим образом (по запасам СГ):

- 1 уникальное (более 3 млрд у.т.¹) — ГК (Бованенковское);
- 4 сверхгигантских (более 1 млрд у.т.) — 4 ГК;
- 5 гигантских (более 300 млн у.т.) — 1 Г, 3 ГК, 1 НГК;
- 6 крупнейших (более 100 млн у.т.) — 2 Г, 1 ГК, 1 НГК, 2 ГКН;
- 12 крупных (более 30 млн у.т.) — 4 Г, 7 ГК, 1 ГКН;
- 11 средних и мелких (менее 30 млн у.т.) — 6 Г, 5 ГК.

В Ямальской области установлены два мощных узла газонакопления: Бованенковско-Харасавэйский и Тамбейский (Северо-Ямальский). В пределах ГЕР подобные узлы отсутствуют.

На шельфе только намечается Русановско-Ленинградский узел, не изученный бурением ниже среднего апта.

В пределах Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области (ЯНАО) и шельфа всего открыто 250 МУВ (252, если считать отдельными — самостоятельными — Северо- и Западно-Тамбейское плюс Тасийское месторождение, искусственно объединенные в единое Тамбейское — по ЮК, четко разделенные по всем меловым залежам).



Рис. 2. Схема размещения залежей углеводородов в неоком-аптом-доминантном комплексе Ямало-Карского региона

Fig. 2. The layout of hydrocarbon deposits in the Neo-comp-Aptian-dominant complex of the Yamalo-Kara region

¹ у.т. — условных тонн, 1000 м³ ~ 1 т.

Формула газоносности наиболее изученной по суше Ямальной области такова (на 01.01.2020 г., трлн м³):

НД	A + B ₁ + C ₁	B ₂ + C ₂	Всего
0,5	10,3	6,3 (завышено)	17,5 (несколько завышено за счет C ₂).

Открытые запасы конденсата — 0,4 млрд т, нефти — 0,4 млрд т, в сумме жидких УВ — 0,8 млрд т извлекаемых.

Общие начальные разведанные запасы свободного газа ЯКР (суша + шельф) превышают 15 трлн м³, открытые — с учетом категорий B₂ + C₂, более 20 трлн м³, хотя в последнем случае завышение — очевидно, за счет недоразведанных запасов кат. B₂ + C₂. Промышленная добыча газа началась из уникальной аптской залежи гор. ТП₁₋₆ Бованенковского ГМ, нефти из новопортовской толщи валанжина на Новопортовском НГКМ.

Всего в пределах ЯКР и Гыдана (без Западно-Енисейской части ГЕР) фактически открыто 52 МУВ типа Г, ГК, ГKN, некоторые на шельфе только обнаружены, запасы оценены по кат. C₁ (в небольшом объеме 8—20 млрд м³) и весьма значительные — по кат. C₂ (130—800 млрд м³ на каждое), т.е. при полномасштабной доразведке меловых залежей и с новыми открытиями (в низах песчано-глинистого мела — выше региональной верхнеюрско-неокомской покрывки и в горизонтах Ю₂—Ю₈ юры) они перейдут в категорию гигантских месторождений (более 300 млн у.т. — им. Маршала Жукова, Русановское и др.), а Ленинградское с высокой вероятностью станет сверхгигантским (более 1 трлн м³).

Газовая формула Ямало-Карского региона вместе с Гыданской областью (в пределах ЯНАО, суша + шельф) такова (трлн м³):

НД	A + B ₁ + C ₁	B ₂ + C ₂	Всего
0,7	15,0	12,3	28,0.

Начальные запасы СГ Западно-Енисейской области Красноярского края не превышают 1 трлн м³. Таким образом, открытая часть газового потенциала ЗСА достигает 29 трлн м³. После доразведки запасов кат. B₂ + C₂ с неизбежными списаниями части запасов как неподтверждающихся, начальные разведанные = промышленные запасы СГ Арктики составят 21—22 трлн м³. Даже без продолжения ПРР на газ эти запасы уже позволяют организовать масштабную добычу газа и конденсата.

Для корректного прогноза будущих открытий МУВ необходим хотя бы краткий анализ условий их формирования.



Рис. 3. Схема размещения залежей углеводородов в среднеюрском подкомплексе Ямало-Карского региона
Fig. 3. Layout of hydrocarbon deposits in the Middle Jurassic subcomplex of the Yamalo-Kara region

Онтогенез углеводородов

Генетические условия газонефтеносности ЯКР изучались специалистами ЗАО «СибНАЦ», ООО «ГазпромВНИИГАЗ», ВНИГНИ, МГУ [1, 4—6, 9, 14, 15]. Проанализированы условия генерации (весьма благоприятные для газообразования),

Таблица 2. Величина и структура ресурсов газа Ямальной и Южно-Карской областей
Table 2. The size and structure of gas resources of the Yamal and South Kara regions

	Ямал	ЮКО (открытый шельф)	Обская губа	Всего НПР (реальные)
Всего	18,0	15,2	3,8	37
в т. ч. альб-сеноман	4,0	2,7	1,8	8,5
неоком-апт	12,2	11,0	1,5	24,7
юра, включая НГЭК	1,8 ^{xx}	1,5 ^{xx}	0,5 ^{xx}	3,8 ^{xx}

Примечание: * К завершению масштабных поисково-разведочных работ с переводом ресурсов в начальные разведанные запасы. ^{xx} Ресурсы юры невелики в силу развития обширных зон «сухих» коллекторов с проницаемостью менее 0,2 мД.

Note: * By the completion of large-scale prospecting and exploration work with the transfer of resources to the initial explored reserves. ^{xx} The resources of the Jurassic period are small due to the growth of extensive zones of “dry” reservoirs with a permeability of less than 0.2 mD.

первичной и вторичной миграции (менее благоприятные, особенно в юрской толще), аккумуляции и консервации (весьма благоприятные), эволюционной сохранности (благоприятные) — большинство УВС сохранилось вследствие малой активности разломной тектоники, хотя потери газа вследствие дегазации недр составляют не менее 3—4 трлн м³ (из современных ловушек — по Новопортовскому, Нейтинскому и другим месторождениям).

Мощная газогенерация благодаря развитию угленосных газоматеринских толщ, наличию достаточно крупных, но пологих локальных поднятий, развитию большого числа пар пластов «коллектор-покрышка» (резервуар внизу / экран сверху), наличию надежных региональных и областных покрышек, относительно малые потери газа (утечки из ловушек по разломам) способствовали формированию мощного газового потенциала в породах нижнего мела, в меньшей степени — средней юры и сеномана. Вместе с тем общие геолого-генетические условия на суше ЯКР оказались более благоприятными, чем в недрах шельфа, в силу этого здесь образовалось одно уникальное ГКМ — Бованенковское и ряд сверхгигантских (Круженштерновское и др.). Конечно, средние и особенно нижние горизонты разреза в пределах шельфа еще не опробованы (как, впрочем, недоразведаны открытые залежи апта-сеномана), и такая сравнительная ресурсная геостатистика несколько преждевременна, но, по мнению большинства исследователей, на суше уже исключены неоткрытые гиганты (>0,3 трлн м³), а на шельфе возможны и сверхгигантские месторождения газа (уникальные навряд ли), но сколько их, возможно, будет — покажет только «вскрытие недр» в максимально благоприятных структурно-тектонических условиях.

Проблемы оценки величины и структуры начальных потенциальных и неоткрытых ресурсов УВ, в частности ЗСМП, обсуждаются в работах [1—3, 9, 10, 12, 14, 18].

Начальные подтверждаемые потенциальные ресурсы газа ЯКР (по данным Д.А. Астафьева, М.А. Кабалина, В.А. Скоробогатова, 2021) показаны в таблице 2.

Будущее российского газа и нефти, в частности ЗСА, обсуждается в работах [3, 5—7, 9, 11, 17].

Общий прирост новых запасов газа в ЯКР всеми компаниями-операторами в 2023—2040 гг. оценивается автором в 11—12 трлн м³ (3,0—3,5 по доразведке и 8—8,5 по «чистым» открытиям и разведке). Здесь будут с высокой вероятностью открыты два сверхгигантских газосодержащих МУВ (к уже известным), 6—7 гигантских, 8—10 крупнейших и большое число менее крупных МУВ.

Общая оценка газового потенциала недр ГЕР составляет 5,5—7,0 трлн м³ традиционных ресурсов СГ. К 2040 г. здесь будет открыто 18—20 новых МУВ и приращено всего начальных и извлекаемых запасов газа 3,0—3,5 трлн м³, что позволит организовать здесь тактический Центр газодобычи с потенциальным производством до 80 млрд м³. Общий потенциал добычи газа по ЗСА оценивается в 320—360 млрд м³ в 2040 г. и далее. Именно арктические области ЗСМП придут на смену ее северным областям (НПТР) в плане масштабного производства газа. ЗСА займет лидирующее положение в России по газу уже к 2035 г. (с подключением морских промыслов). В силу преимущественной газоносности недр арктических областей добыча жидких УВ (К + Н) будет ограничена, вероятно, объемом не более 30—35 млн т/год (конденсата больше, чем нефти).

ЛИТЕРАТУРА

1. Брехунцов А.М., Монастырев Б.В., Нестеров И.И., Скоробогатов В.А. Нефтегазовая геология Западно-Сибирской Арктики, Тюмень: ООО МНП «ГЕОДАТА», 2020. 464 с.
2. Варламов А.И., Афанасенков А.П., Лоджевская М.И. и др. Ресурсный потенциал углеводородов — основа развития топливно-энергетического комплекса России // Геология нефти и газа. 2016. № 3. С. 3—13.
3. Гаврилов В.П., Карнаухова С.М., Скоробогатов В.А. и др. Состояние и перспективы доосвоения газового потенциала недр Западной Сибири // Газовая промышленность. 2010. № 1. С. 12—16.
4. Кабалин М.Ю., Скоробогатов В.А., Извеков И.Б. Фазовое состояние скоплений углеводородов в недрах морей Западной Арктики // Вести газовой науки: науч.-техн. сб. «Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России». 2019. № 4. С. 59—71.
5. Кананыхина О.Г., Рыбьяков А.Н. Нефть и газ севера Западной Сибири (суша и шельф): запасы, ресурсы, структура, прогноз. // Вести газовой науки. 2021. № 3(48). С. 73—79.
6. Ковалева Е.Д., Кананыхина О.Г., Скоробогатов В.А. Западно-Сибирская Арктика: новый взгляд на перспективы освоения углеводородного потенциала недр в XXI веке // Наука и техника в газовой промышленности. 2015. № 3. С. 3—17.
7. Поляков Е.Е., Рыбальченко В.В., Рыжов А.Е. и др. Где искать новые крупнейшие, гигантские и уникальные газосодержащие месторождения в Северной Евразии? // Геология нефти и газа. Газпром ВНИИГАЗ — 70 лет (юбилейный выпуск). 2018. С. 45—57.
8. Рыбальченко В.В., Рыжов А.Е., Скоробогатов В.А., Хабибуллин Д.Я. Поиски и разведка месторождений и залежей углеводородов предприятиями ПАО «Газпром» в России: итоги, проблемы, риски, перспективы // Вести газовой науки: науч.-техн. сб. «Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России». М.: Газпром ВНИИГАЗ. 2018. № 3(35). С. 46—57.
9. Скоробогатов В.А. Будущее российского газа и нефти // Геология нефти и газа. Газпром ВНИИГАЗ — 70 лет. 2018. С. 31—43.
10. Скоробогатов В.А., Строганов Л.В., Копеев В.Д. Геологическое строение и газонефтеносность Ямала. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. 352 с.
11. Скоробогатов В.А., Кабалин М.Ю. Западно-Арктический шельф Северной Евразии: запасы, ресурсы и добыча углеводородов до 2040 и 2050 г. // Деловой журнал «Neftegaz.ru». 2019. № 11(95). С. 36—51.
12. Скоробогатов В.А., Пятницкая Г.Р., Соин Д.А., Скоробогатко А.Н. Опыт оценок потенциальных ресурсов свободного газа осадочных бассейнов России и их подтверждаемость при поисково-разведочных работах // Геология нефти и газа. Газпром ВНИИГАЗ — 70 лет. 2018. С. 59—65.
13. Скоробогатов В.А., Рыбальченко В.В., Хабибуллин Д.Я., Рыбьяков А.Н. Поиски месторождений и залежей углеводородов в осадочных бассейнах Северной Евразии: итоги, проблемы, перспективы // Вести газовой науки: науч.-техн. сб. «Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России». 2019. № 4(41), С. 18—34.
14. Скоробогатов В.А., Хабибуллин Д.Я. Роль сеноманского газа Западной Сибири в становлении и развитии газовой отрасли промышленности России в XX—XXI веках // Научный журнал Российского газового общества. 2021. № 2(30). С. 6—16.
15. Строганов Л.В., Скоробогатов В.А. Газы и нефти ранней генерации Западной Сибири. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. 414 с.
16. Ступакова А.В., Бордунов С.И., Сауткин Р.С. и др. Нефтегазоносные бассейны российской Арктики // Геология нефти и газа. 2013. № 3. С. 30—47.
17. Ступакова А.В., Суслова А.А., Сауткин Р.С. и др. Перспективы открытия новых месторождений в пределах арктического шельфа // Вести газовой науки. 2016. № 4(28). С. 154—166.
18. Толстиков А.В., Астафьев Д.А., Штейн Я.И. и др. Запасы и ресурсы углеводородов, перспективы изучения и промышленного освоения недр морей России в XXI в. // Геология нефти и газа. 2018. № 4. С. 73—85.

REFERENCES

1. Brekhuntsov A.M., Monastirev B.V., Nesterov I.I., et al. Neftegazovaya geologiya Zapadno-Sibirskoy Arktiki — [Oil-gas geology of West-Siberian Arctic] Tyumen: MNP Geodata — [ООО МНП «ГЕОДАТА»], 2020, p.464. (In Russian).
2. Varlamov, A.I., Afanasenkov A.P., Lodzhevskaya M.I., et al. Resursnyj potencial uglevodorodov — osnova razvitiya toplivno-energeticheskogo kompleksa Rossii — [Resource potential of hydrocarbons as a foundation of the fuel & energy industry in Russia] // Geologiya Nefti i Gaza — [Oil and Gas Geology]. 2016. No. 3. P. 3—13 (In Russian).
3. Gavrilo V.P., Karnaukhov S.M., Skorobogatov V.A., et al. Sostoyanie i perspektivy doosvoeniya gazovogo potenciala neдр Zapadnoj Sibiri — [Status and prospects for further exploration of subsoil gas potential in Western Siberia] // Gazovaya Promyshlennost — [Gas industry]. 2010. No. 1. P. 12—16 (In Russian).
4. Kabalin M.Yu., Skorobogatov V.A., Izvekov I.B. Sostoyanie i perspektivy doosvoeniya gazovogo potenciala neдр Zapadnoj Sibiri — [Phase state of hydrocarbon agglomerations in subsoil of Western Arctic seabed] // Vesti Gazovoy Nauki: collected scientific technical papers — [News of Gas Science: Scientific

- and Technical Collection. "Problems of Resource Provision of Gas Producing Regions of Russia". 2019. No. 4(41). P. 59—71 (In Russian).
5. Kananykhina O.G., Skorobogatov V.A. Neft' i gaz severa Zapadnoj Sibiri (susha i shel'f): zapasy, resursy, struktura, prognoz — [Issues of oil-gas bearing capacity of the Yamal-Kara onshore and offshore area] // Vesti gazovoy nauki — [News of Gas Science]. 2016. No. 9. P. 18—25 (In Russian).
 6. Kovaleva Ye.D., Kananykhina O.G., Skorobogatov V.A. Arktika: novyj vzglyad na perspektivy osvoeniya uglevodorodnogo potentsiala neдр v XXI veke — [Western-Siberian Arctic: New vision of outlooks for development of subsoil hydrocarbon potential in 21st century] // Nauka i Tekhnika v Gazovoy Promyshlennosti — [Science and Technology in the Gas Industry]. 2015. No. 3. P. 3—17 (In Russian).
 7. Polyakov Ye.Ye., Rybalchenko V.V., Ryzhov A.Ye., et al. Gde iskat' novye krupnejshie, gigantskie i unikal'nye gazosoderzhashchie mestorozhdeniya v Severnoj Evrazii? — [Where must the new the biggest, gigantic and unique gas-bearing fields be looked for in Northern Eurasia?] // Geologiya Nefti i Gaza — [Oil and Gas Geology. Gazprom VNIIGAZ — 70 years (anniversary issue)]. 2018. No. 4. P. 45—57 (In Russian).
 8. Rybalchenko V.V., Ryzhov A.Ye., Skorobogatov V.A., et al. Poiski i razvedka mestorozhdenij i zalezhej uglevodorodov predpriyatiyami PAO «Gazprom» v Rossii: itogi, problemy, riski, perspektivy — [Searching and prospecting of hydrocarbon fields and deposits by the enterprises of the Gazprom PJSC in Russia] // Vesti Gazovoy Nauki: collected scientific technical papers — [News of Gas Science: Scientific and Technical Collection. "Problems of Resource Provision of Gas Producing Regions of Russia"]. 2018. No. 3(35). P. 46—57 (In Russian).
 9. Skorobogatov V.A. Budushchee rossijskogo gaza i nefti — [Future of Russian gas and oil] // Geologiya Nefti i Gaza — [Oil and Gas Geology. Gazprom VNIIGAZ is 70 years old. 2018]. 2018. No. 4. P. 31—43 (In Russian).
 10. Skorobogatov V.A., Stroganov L.V., Kopeyev V.D. Geologicheskoe stroenie i gazoneftenosnost' YAmala — [Geological structure and gas-oil-bearing capacity of Yamal] // Moscow: Nedra-Biznesentr — [M.: LLC "Nedra-Biznesentr"], 2003 (In Russian).
 11. Skorobogatov V.A., Kabalin M.Yu. Zapadno-Arkticheskij shel'f Severnoj Evrazii: zapasy, resursy i dobycha uglevodorodov do 2040 i 2050 g. — [West-Arctic shelf of Northern Eurasia — reserves, resources and production of hydrocarbons up to 2040 and 2050] // Delovoy zhurnal Neftegaz.ru — [Neftegaz.ru business magazine]. 2019. No. 11. P. 36—51 (In Russian).
 12. Skorobogatov V.A., Pyatnitskaya D.R., Soin D.A., et al. Opyt ocenok potentsial'nyh resursov svobodnogo gaza osadochnyh bassejnov Rossii i ih podtverzhdaemost' pri poiskovo-razvedochnyh rabotah — [Practice of estimation of potential resources of the free gas in sedimentary basins of Russia and their validation during prospecting works] // Geologiya Nefti i Gaza — [Oil and Gas Geology. Gazprom VNIIGAZ — 70 years]. 2018. No. 4. P. 59—65 (In Russian).
 13. Skorobogatov V.A., Rybalchenko V.V., Khabibullin D.Ya., Rybyakov A.N. Poiski mestorozhdenij i zalezhej uglevodorodov v osadochnyh bassejnakh Severnoj Evrazii: itogi, problemy, perspektivy — [Searching hydrocarbon fields and deposits in sedimentary basins of Northern Eurasia: results, issues and outlooks] // Vesti Gazovoy Nauki: collected scientific technical papers — [News of gas science: scientific-technical collection. "Problems of resource provision of gas-producing regions of Russia"]. 2019. No. 4(41). P. 18—34 (In Russian).
 14. Skorobogatov V.A., Khabibullin D.Ya. Rol' senomanskogo gaza Zapadnoj Sibiri v stanovlenii i razvitii gazovoj otrasli promyshlennosti Rossii v XX—XXI vekah — [Contribution of Cenomanian gas from Western Siberia to rise and evolution of Russian gas industry in XX and XXI centuries] // Nauchnyy zhurnal Rossijskogo Gazovogo Obshchestva — [Scientific Journal of the Russian Gas Society]. 2021. No. 2(30). P. 6—16 (In Russian).
 15. Stroganov L.V., Skorobogatov V.A. Gazy i nefti rannej generacii Zapadnoj Sibiri — [Western-Siberian gases and oils of earlier generation]. Moscow: Nedra-Biznesentr — [M.: LLC "Nedra-Biznesentr"], 2004 (In Russian).
 16. Stupakova A.V., Bordunov S.I., Sautkin R.S., et al. Neftegazonosnye bassejny rossijskoj Arktiki — [Oil-gas-bearing basins of Russian Arctic] // Geologiya Nefti i Gaza — [Oil and Gas Geology]. 2013. No. 3. P. 30—47 (In Russian).
 17. Stupakova A.V., Suslova A.A., Sautkin R.S., et al. Perspektivy otkrytiya novyh mestorozhdenij v predeleh arkticheskogo shel'fa — [Outlooks for discovery of new fields within the framework of Arctic continental shelf] // Vesti Gazovoy Nauki — [News of Gas Science]. 2016. No. 4(28). P. 154—164 (In Russian).
 18. Tolstikov A.V., Astafyev D.A., Shteyn Ya.I., et al. Zapasy i resursy uglevodorodov, perspektivy izucheniya i promyshlennogo osvoeniya neдр morej Rossii v XXI veke — [Reserves and resources of hydrocarbons, outlooks for exploration and commercial development of the seabed subsoil in Russia in 21st century] // Geologiya Nefti i Gaza — [Oil and Gas Geology]. 2018. No. 4. P. 73—85 (In Russian).

ВКЛАД АВТОРА / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Скоробогатова Е.В. — разработала концепцию статьи, подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Ekaterina V. Skorobogatova — 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 АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Скоробогатова Екатерина Викторовна — студентка второго курса магистратуры направления «Цифровые технологии разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений».
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 119017, Россия
e-mail: skorobogatova.995@gmail.com
тел.: +7 (916) 282-18-15
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4796-3085>

Ekaterina V. Skorobogatova — second-year student of the master's program in the direction "Digital technologies for exploration and development of oil and gas".
23, Miklukho-Maklay str., Moscow 119017, Russia
e-mail: skorobogatova.995@gmail.com
tel: +7 (916) 282-18-15
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4796-3085>



ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФОСФАТНЫХ РУД ПРИ ИХ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ (НА ПРИМЕРЕ КОВДОРСКОГО АПАТИТ-ШТАФФЕЛИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

Е.Б. ЯНИЦКИЙ

ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, защите инженерных сооружений от обводнения, специальным горным работам, геомеханике, геофизике, гидротехнике, геологии и маркшейдерскому делу» (ОАО «ВНПОГЕМ»)
86, пр. Б. Хмельницкого, г. Белгород 308007, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Статья посвящена рассмотрению существующих методов определения геометрии и плотности разведочной сети для целей оперативного планирования, а также подходов к определению допустимых погрешностей оценки геологических показателей. В качестве базового объекта исследований выбрано Ковдорское апатит-штаффелитовое месторождение.

Цель. Определить рациональные параметры сети эксплуатационного опробования для целей оперативного планирования добычи фосфатной руды.

Материалы и методы. Исследования проводились в рамках работ по разработке методики эксплуатационного опробования апатит-штаффелитовых руд. Обработка и анализ количественных данных выполнялись с применением методов математической статистики, картографии.

Результаты. На основе метода геометрической автокорреляции, оценки анизотропии изменчивости содержания компонентов, регламентирующих качество минерального сырья, определены рациональные параметры сети эксплуатационного опробования при добыче фосфатного сырья Ковдорского месторождения апатит-штаффелитовых руд.

Заключение. В ходе исследования установлено отсутствие явно выраженной анизотропии содержания P_2O_5 и CO_2 в апатит-штаффелитовых рудах, что предполагает применение равномерной сети эксплуатационного опробования. Определены параметры сети эксплуатационного опробования, которые показывают необходимость опробования шлейфа отложения шлама каждой скважины.

Ключевые слова: карьер, оперативное планирование, опробование руд, фосфатное сырье, геометризация качественных показателей, шлейф шлама

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследования проведены в рамках соответствующего контракта с недиропользователем, эксплуатирующим месторождение.

Для цитирования: Яницкий Е.Б. Повышение достоверности геометризации качественных показателей фосфатных руд при их открытой разработке (на примере Ковдорского апатит-штаффелитового месторождения). *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2022;64(5):64—72. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-64-72>

Статья поступила в редакцию 28.11.2022

Принята к публикации 12.12.2022

Опубликована 19.12.2022

IMPROVING THE GEOMETRIZATION RELIABILITY OF QUALITATIVE INDICATORS OF PHOSPHATE ORES DURING THEIR OPEN MINING ON THE EXAMPLE OF THE KOVDORSKOYE APATITE AND STAFFELITE ORE FIELD

EVGENIY B. YANITSKIY

OJSC "VIOGEM"

86, B. Hmel' nitskogo ave., Belgorod 308007, Russia

ABSTRACT

Background. In this paper, available methods for determining the geometry and density of exploration networks used in operational planning are discussed, along with approaches to determining the permissible error limits in the assessment of geological indicators. The Kovdorskoye apatite and staffelite ore field was selected as a research object.

Aim. To determine the rational parameters of an in-mine sampling network for use in operational planning of phosphate ore mining.

Materials and methods. The research was carried out as part of a project on the development of a methodology for operational in-mine sampling of apatite and staffelite ores. Quantitative data were processed and analyzed using the methods of mathematical statistics and cartography.

Results. The conducted geometric autocorrelation and assessment of the anisotropy of variability in the content of components, which determine the quality of mineral raw materials, allowed the author to establish the rational parameters of an operational in-mine sampling network during the extraction of phosphate raw materials from the Kovdorskoye apatite and staffelite ore field.

Conclusion. The absence of a pronounced anisotropy in the content of P_2O_5 and CO_2 in apatite and staffelite ores was established, which implies the feasibility of using a uniform in-mine sampling network. The parameters of such a network were determined, which confirm the need to sample the rock cuttings in each borehole.

Keywords: quarry, open pit, ore sampling, phosphate raw materials, geometrization of quality indicators, rock cuttings

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

Financing: studies were carried out under the relevant contract with the subsoil user operating the field.

For citation: Yanitskiy E.B. Improving the geometrization reliability of qualitative indicators of phosphate ores during their open mining on the example of the Kovdorskoye apatite and staffelite ore field. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2022;64(5):64—72. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-64-72>

Manuscript received 28 November 2022

Accepted 12 December 2022

Published 19 December 2022

Ковдорское апатит-штаффелитовое месторождение расположено вблизи западного контакта Ковдорского массива ультраосновных и щелочных пород девонского возраста, который прорывает толщу метаморфических пород, преимущественно гнейсов, верхнего архея. В экзоконтакте массива по гнейсам сформировался ореол фенитов. С этим массивом генетически связан рудно-карбонатитовый узел, представленный Ковдорским апатит-магнетитовым месторождением

и спиралевидной в плане зоной карбонатитов, кюжному кольцевому фрагменту которой и приурочено апатит-штаффелитовое месторождение, разведанное в 1973—1977 годах и доразведанное в 2009—2013 годах, залегающее в мел-палеогеновой коре выветривания карбонатитов и вмещающих их фенитов, фенитизированных гнейсов. С 2015 года АО «Ковдорский ГОК» эксплуатирует месторождение открытым способом с предварительным рыхлением крепких пород взрывом.

Оперативное планирование добычи фосфатной руды в режиме усреднения при открытой разработке минерального сырья основывается, как правило, на определении числовой характеристики содержания пятиоксида фосфора, получаемой на основе опробования шлама взрывных скважин. Достоверность получаемых данных достигается, главным образом, за счет обоснования оптимальной геометрии и плотности сети эксплуатационного опробования, которое должно быть вписано в существующую сеть буровзрывных скважин, поскольку ее параметры определяются показателями сопротивления взрывному разрушению горных пород и не связаны с процессом планирования качественных и количественных показателей руды, подаваемой на фабрику. При этом определяющим является тот факт, что оптимальность планирования горных работ может быть достигнута только за счет достоверной геометрии руд и пород, определяемых таким важным классификационным признаком, как содержание полезного компонента в точке опробования, которой в условиях фосфатного оруденения является шлам взрывной скважины, а значение содержания в этой точке представляет собой усредненную на высоту эксплуатационного уступа характеристику.

Разработке методики опробования шлейфа отложения шлама единичной скважины посвящены предыдущие работы автора [7, 28]. В данной статье рассмотрены подходы к повышению достоверности геометрии руд и пород с целью определения оптимальных параметров сети эксплуатационного опробования.

Условно методы определения геометрии и плотности разведочной сети можно разделить на две группы: эмпирические (практические) и аналитические [24]. Каждый из методов основывается на определенном геолого-математическом обосновании, имеет свои недостатки, ограничения и преимущества. Остановимся на краткой характеристике основных методов подробнее.

Метод разрежения разведочной сети состоит в сравнении подсчетных параметров (мощность, площадь, среднее содержание, запасы руды) по сеткам различной густоты. Основными недостатками метода являются, с одной стороны, необходимость иметь хорошо разведанный участок месторождения, с другой — многообразие вариантов разрежения, что требует обоснования критерия выбора того или варианта. Кроме того, доказано [13], что данный метод может быть применен только для определения количества проб, но не расстояний между ними.

Метод сравнения результатов разведки и разработки является наиболее надежным. Однако опыт применения этого метода сопряжен с определенными трудностями, которые заключаются в том, что данные эксплуатации и разведки часто несопоставимы вследствие различия подсчетных контуров, достоверности определения потерь и разубоживания полезного компонента, особенностей учета добытых руд на обогатительной фабрике [9, 11, 13].

Методы определения параметров разведочной сети с применением положений теории вероятности и аппарата математической статистики предусматривают определение количественных характеристик изменчивости геологических показателей и построение соответствующей геолого-математической модели месторождения (участка).

Следует отметить, что формальное применение методов математической статистики для решения геологоразведочных задач имеет ряд ограничений. Например, значения содержаний в соседних пробах имеют определенную связь между собой, поэтому ряд последовательно отобранных проб в разведочной скважине не может рассматриваться как ряд независимых переменных. Кроме того, нередко случаи применения математического аппарата, разработанного для нормального распределения, к показателям, не подчиняющимся этому закону. Эмпирическое распределение пытались аппроксимировать логнормальным, биномиальными законами, распределением Пуассона или функцией Вейбулла, рядами Фурье [13, 25].

Аппарат математической статистики может быть применен только при соблюдении следующих условий теории случайных величин [13, 17]:

- концентрация компонентов в залежах должна быть действительно случайной величиной;
- должна быть хотя бы теоретическая возможность бесконечного повторения испытаний, в результате которого случайная величина могла бы принимать численные значения;
- результат каждого последующего испытания должен быть независим от результатов предыдущих испытаний.

Очевидно, что ни одно из условий не выполняется, поэтому для задачи определения параметров сети опробования аппарат статистики случайных величин мало применим.

Вместе с тем случайный характер пространственной изменчивости и дискретный способ его изучения, переменный знак погрешности сопоставляемых показателей оруденения (например, по данным разведки и разработки) определяют

случайный характер геологоразведочных данных, а соответственно геометризация и подсчет запасов могут быть выполнены только стохастически, т.е. оценка точности имеет вероятностный характер с указанием величины случайной погрешности и заданной доверительной вероятности [1].

Одним из первых учесть указанные противоречия попытался П.Л. Каллистов [12], предложивший разделить изменчивость геологических показателей на случайную составляющую и закономерную, которая подвержена некоторой периодичности.

В качестве замечаний к методу Каллистова отмечены математическая нестрогость способа сглаживания исходных данных, применяемого для выявления закономерной составляющей [5, 21], и зависимость от начала отсчета (положения первой пробы) [13].

В.В. Богацкий характеризует изменчивость через амплитуду колебаний геологического параметра от его среднего значения, а мера изменчивости описывается показателем неравномерности [2]. Однако размах значений содержания не может быть использован для определения плотности сети опробования. Кроме того, предложенная В.В. Богацким формула определения густоты не содержит таких количественных параметров, как расстояние, площадь или объем.

Суть *метода энтропии* [6, 18] состоит в оценке близости вариационных кривых распределения компонентов, построенных по выборкам различного объема. Выборка считается представительной, если построенная на ее основе вариационная кривая аналогична генеральной. Понятно, что с увеличением объема выборки ее энтропия будет стремиться к энтропии генеральной совокупности. В результате произойдет так называемая стабилизация энтропии, по моменту наступления которой определяют оптимальное расстояние между пробами. Известная неопределенность возникает при визуальной оценке начала стабилизации энтропии. Избежать указанного недостатка можно путем определения стабилизации среднего значения (или дисперсии, коэффициента вариации, асимметрии и эксцесса) изучаемого компонента, рассчитанного в области оптимального расстояния между пробами. При этом, как отмечается в [13], основным недостатком метода энтропии является то, что неслучайные данные опробования выдаются за случайные. Следовательно, методы, не учитывающие пространственную изменчивость (частотную по [13]), достоверно могут определить только количество проб, но не геометрию их отбора.

Позднее были предложены более сложные методы, которые количественно описывают не только две составляющие изменчивости геологических параметров, но и корреляционные отношения внутри них, характеризующиеся степенью связи между значениями признака (например, среднего содержания) при различном расстоянии между точками наблюдений [13—15, 20, 22, 25], т.е. определении радиуса автокорреляции.

Общим недостатком методов, основанных на установлении радиуса автокорреляции, является чувствительность автокорреляционной функции к эргодичности пространственных переменных, и то, что радиус автокорреляции не может быть меньше расстояния между разведочными пересечениями [8]. Кроме того, общим условием для всех описанных методов является необходимость иметь эталонный участок.

Существуют работы по обоснованию плотности разведочной сети на основе методов имитационного моделирования [8, 23], использовании ошибок геометризации [4]. При этом следует подчеркнуть, что параметры разведочной сети наибольшее влияние оказывают на погрешность оконтуривания (геометризации), т.е. эта погрешность более чувствительна к изменению параметров сети, чем погрешность любого другого показателя оруденения [1].

Таким образом, на сегодня не существует окончательного решения проблемы оптимизации геометрии и плотности разведочной сети. Кроме того, для установления оптимальных параметров разведочной сети опробования необходимо решить еще одну важную задачу — обосновать величину допустимой погрешности оценки геологических показателей (особенно на стадии эксплуатации), на которую, с одной стороны, влияют изменчивость природных свойств (сложность строения и изменчивость оруденения), с другой — методика разведки месторождения.

Вопрос о допустимых погрешностях оценки геологических показателей на стадии эксплуатации месторождений исследован слабо. Основная трудность при решении этого вопроса связана с выбором критерия оптимизации. Так, в работе [19] оптимизация достигается на основе критерия минимизации суммы затрат на опробование и риска экономических потерь при последующей разработке. Подобный подход предложен и в работе [16], где оптимальные объемы геолого-разведочных работ определяются как совместная функция риска экономических потерь от неполноты геологической изученности. Подход к определению параметров разведочной

сети на основе определения экономического баланса между затратами на геолого-разведочные работы и потенциальными нерациональными расходами при строительстве и эксплуатации горного предприятия в случае недоизученности месторождения впервые был предложен С.П. Васильевым [3] и получил название метода экономической эквивалентности. Очевидно, что экономический принцип определения допустимых погрешностей может быть фактически использован только на эксплуатируемых месторождениях, на его детально разведанных участках. Другим недостатком предложенного метода является тот факт, что оптимизация производится только для густоты разведочной сети, т.е. не учитывается ее геометрия, оптимальность которой устанавливается оценкой анизотропии изменчивости геологических параметров.

Как уже отмечалось выше, основным геологическим показателем, определяющим эффективность планирования горных работ, является содержание полезного компонента, достоверная геометризация которого позволяет выполнять оперативное управление качеством минерального сырья, подаваемого на фабрику. Кроме того, опыт показывает, что изменение содержания полезного компонента на месторождениях не подчиняется линейному характеру, поэтому, чтобы применять при геометризации метод линейной интерполяции, прибегают к линейному или площадному сглаживанию единичных значений содержаний. Повысить достоверность геометризации можно за счет применения коэффициента нелинейности [26, 27]. В связи с этим актуальной является задача разработки методики геометризации качественных показателей с учетом нелинейности содержания полезного компонента. Решение данной задачи должно рассматриваться отдельно для опережающей и сопровождающей эксплуатационной разведки. При этом определение параметров сети эксплуатационного опробования (сопровождающая разведка) может быть основано на аппарате математической статистики и теории вероятности, поскольку в силу нарушения пространственных закономерностей в шлейфе отложения шлама взрывных скважин результаты его опробования следует рассматривать как конкретную реализацию случайной функции [10]. Обоснование параметров сети опережающей эксплуатационной разведки должно базироваться на ином математическом обосновании с учетом представлений об анизотропии изменчивости геологических параметров месторождения и, следовательно, анизотропии самой сети.

В рамках настоящей статьи разработана методика определения оптимальных параметров сети эксплуатационного опробования, которая заключается в следующем. На первом этапе в горно-геологической системе ГИС ГЕОМИКС сформирована пространственно-координированная база данных опробования разведочных скважин, в результате статистического анализа которой были определены наиболее изменчивые показатели, связанные с требованиями обогатительной фабрики к подаче сырой руды (P_2O_5 и CO_2).

Оценка анизотропии изменчивости содержания P_2O_5 и CO_2 выполнена палеточным способом (размер ячейки 6×6 м) для опытного участка по следующей методике. В ГИС ГЕОМИКС на основе данных опробования шлама взрывных скважин, пробуренных на опытном участке Западного фланга, выполнялось построение изолиний содержаний P_2O_5 и CO_2 , рассчитываемых как средневзвешенное значение на высоту эксплуатационного уступа (рис. 1). Расчет средней изменчивости (I) и показателя анизотропии (A) выполнялся по формулам:

$$I = \frac{\sum n}{\sum I}; A = \frac{I_{max}}{I_{min}},$$

где n — количество в контуре залежи контактов между различными типами руд и пород, пересекаемых одной линией; I — длина одной линии; I_{max} , I_{min} — направления наибольшей и наименьшей изменчивости соответственно.

В целом анизотропии изменчивости содержаний P_2O_5 и CO_2 в апатит-штаффелитовых рудах не установлено, показатель анизотропии составляет 1,20 и 1,04 соответственно.

Плотность исходных данных шламового опробования экспериментального участка, возможность применения аппарата математической статистики и теории вероятности [17] позволяют для расчета оптимального шага опробования буровзрывных скважин применить метод геометрической автокорреляции [15] с определением радиуса автокорреляции, значение которого и будет соответствовать оптимальному шагу опробования.

Рассчитанные средневзвешенные значения радиуса геометрической автокорреляции на опытном участке составляют для P_2O_5 и CO_2 8,2 и 8,8 м вкрест простирания, 8,0 и 8,4 м вдоль простирания соответственно. Таким образом, с учетом существующей сети бурения (6,4×5,4 м) должна быть опробована каждая буровзрывная скважина.

Для проверки расчетных параметров сети эксплуатационного опробования построены качественные планы буровзрывных блоков по исходной

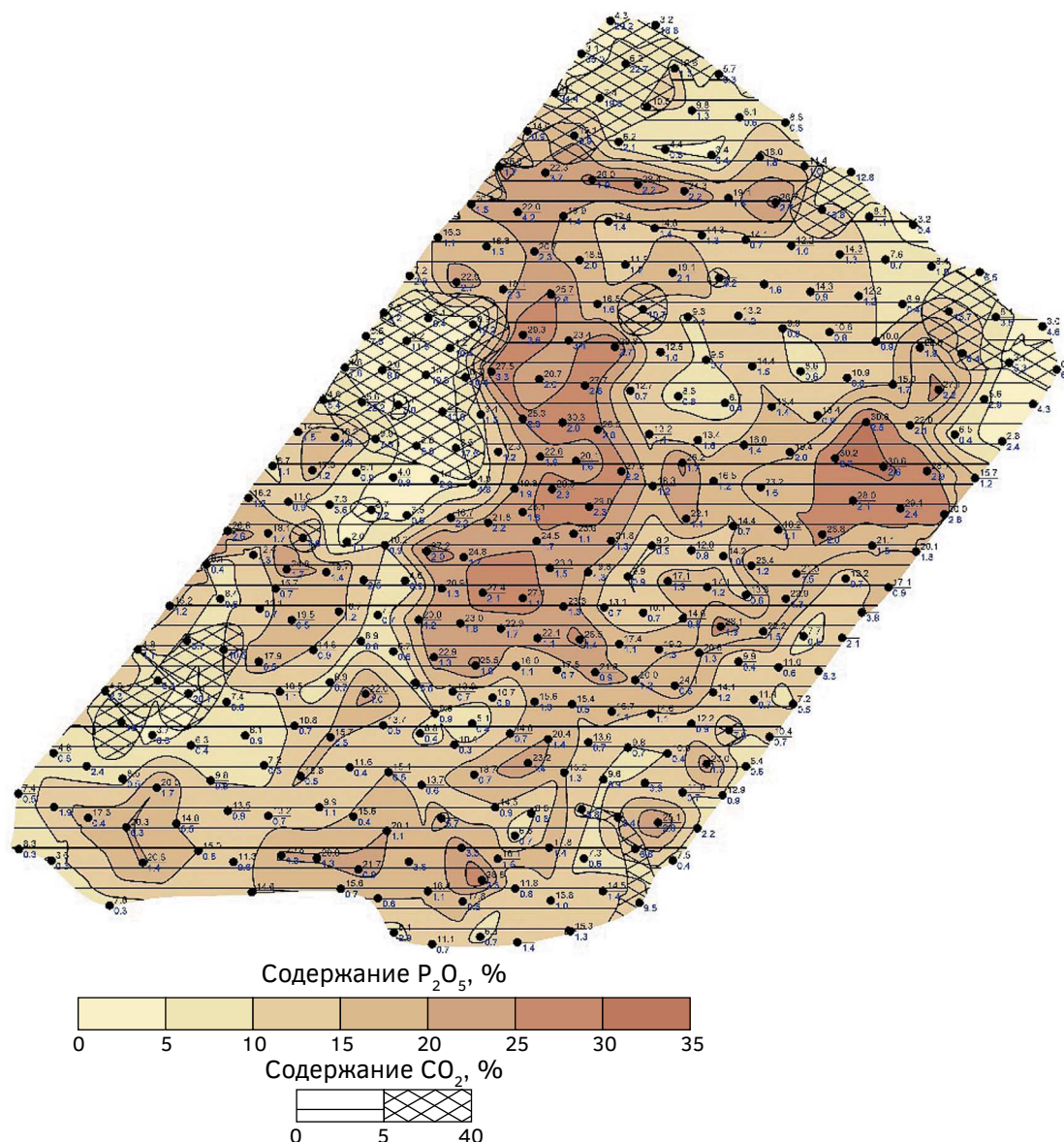


Рис. 1. Изолинии содержания P_2O_5 и CO_2 в пределах экспериментального блока Западного фланга Ковдорского апатит-штаффелитового месторождения

Fig. 1. P_2O_5 and CO_2 content contours within the experimental block of the Western flank of the Kovdor apatite-staffelite field

и разреженной сети, по которым методом эксплуатационных блоков, реализованном в ГИС ГЕОМИКС, выполнен подсчет среднего содержания полезных компонентов и запасов руд. В случае если в пределах исходной сети имелись скважины без опробования, то расчет средних содержаний для таких скважин выполнялся по блочной модели буровзрывного блока с параметрами ячейки $3 \times 3 \times 12$ м. Поскольку анизотропия изменчивости содержания компонентов не установлена, разрежение проводилось через ряд и через скважину.

Результаты сопоставлений полученных расхождений в запасах и содержании в исходных и разреженных контурах подтвердили необходимость опробования шлама каждой скважины.

Выводы

1. Повышение достоверности геометризации качественных показателей руд для целей оперативного планирования остается одной из актуальных задач при открытой разработке месторождений твердых полезных ископаемых.

2. Отсутствие явно выраженной анизотропии содержания P_2O_5 и CO_2 в апатит-штаффелитовых рудах предполагает применение равномерной сети эксплуатационного опробования, параметры которой обуславливаются неоднородностью вещественного состава и структурно-текстурных особенностей руд, изменчивостью их

физико-механических и технологических свойств на различных участках месторождения.

3. На основе расчета радиуса геометрической автокорреляции определены оптимальные параметры сети опробования буровзрывного блока. Опробованию подлежит шлейф отложения шлама каждой скважины.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев Н.Ф.* Проблема геолого-промышленной оценки рудных месторождений // *Известия вузов. Геология и разведка.* 1988. № 6. С. 53—59.
2. *Богацкий В.В.* Математический анализ разведочной сети. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 212 с.
3. *Васильев С.П.* Метод экономической эквивалентности в определении частоты буровых скважин при детальной разведке на уголь в Подмосковном бассейне // *Разведка и охрана недр.* 1950. № 1. С. 29—34.
4. *Викентьев В.А., Воронков В.А., Кушнарев П.И., Ясковский П.П.* О свойствах ошибок геометризации // *Известия вузов. Геология и разведка.* 1979. № 2. С. 122—128.
5. *Гуськов О.И., Шумилин М.В.* О применении статистических методов для анализа плотности разведочной сети // *Известия вузов. Геология и разведка.* 1968. № 6. С. 69—77.
6. *Дементьев Л.Ф., Хитров Е.А., Шурубор Ю.В.* Применение информационных мер в нефтепромышленной геологии // *Труды. Пермский государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности «Пермнипинефть».* 1974. Вып. 10. 155 с.
7. *Дунаев В.А., Яницкий Е.Б.* Методика опробования шлама буровзрывных скважин при открытой разработке Ковдорского апатит-штаффелитового месторождения // *Известия вузов. Геология и разведка.* 2014. № 1. С. 30—36.
8. *Загibalов А.В.* Применение методов имитационного моделирования разведки россыпных месторождений золота для исследования погрешностей оконтуривания и подсчета запасов // *Горный информационно-аналитический бюллетень.* 2010. № 3. С. 166—176.
9. *Зенков Д.А.* Методы определения плотности разведочной сети // *Советская геология.* 1957. № 61. С. 130—143.
10. *Каждан А.Б.* О математическом описании изменчивости геологоразведочных параметров рудных залежей // *Математические методы в геологии.* М.: Недра, 1968. С. 92—99.
11. *Каждан А.Б.* Разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1974. 327 с.
12. *Каллистов П.Л.* Изменчивость оруденения и плотность наблюдений при разведке и опробовании // *Советская геология.* 1956. № 53. С. 118—131.
13. *Лебедев Г.В.* Методы определения параметров систем опробования // *Вестник Пермского университета. Геология.* 2007. № 4(9). С. 76—90.
14. *Лебедев Г.В.* О методах определения параметров систем опробования // *Геометризация и анализ геологических полей месторождений полезных ископаемых.* Пермь, 1981. Вып. 1. С. 14—40.
15. *Лебедев Г.В., Набиулин В.И.* Методика определения оптимальной сети наблюдений в условиях скрытой периодичности геологических полей // *Вестник Пермского университета. Геология.* 2008. № 10(26). С. 83—90.
16. *Мамбуэни П.* Применение геолого-экономического анализа для обоснования оптимальной сети разведки рудных месторождений (на примере жильных месторождений олова): автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. М., 2004. 23 с.
17. *Матерон Ж.* Основы прикладной геостатистики. М.: Мир, 1968. 408 с.
18. *Миллер Р.Л.* Статистический анализ в геологических науках. М.: Мир, 1965. 480 с.
19. *Мининг С.С.* Определение оптимальных параметров сети опробования буровзрывных скважин выемочных участков Михайловского месторождения // *Горный информационно-аналитический бюллетень.* 2004. № 2. С. 191—195.
20. *Мягков В.Ф., Лебедев Г.В.* Автокорреляционный метод определения расстояний между пробами // *Геология месторождений полезных ископаемых Урала и новые методы их изучения: тез. доклада науч. совещ. Свердловск, 1974. С. 203—204.*
21. *Низгурецкий З.Д.* Некоторые особенности использования метода скользящих средних при геометризации // *Сборник трудов по вопросам исследования горного давления и сдвига горных пород.* Л.: Недра, 1961. С. 83—91.
22. *Редькин Г.М.* Нестационарное анизотропное математическое моделирование неоднородностей систем минерального сырья. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. 500 с.
23. *Рупосов В.Л.* Исследование плотности разведочной сети при разведке железорудных месторождений Ангара-Илимского типа на основе имитационного моделирования: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Иркутск, 2002. 22 с.
24. *Смирнов В.И.* О плотности разведочной сети // *Советская геология.* 1957. № 58. С. 150—162.

25. Снетков В.И. Критерий оптимальной аппроксимации геологических показателей с помощью рядов Фурье // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2005. № 5. С. 11—15.
26. Снетков В.И. Обоснование методов квалитметрической оценки запасов твердых полезных ископаемых: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 2005. 40 с.
27. Столчнев В.Г. Геометризация месторождений с позиций «неевклидовой» геометрии // Маркшейдерия и недропользование. 2004. № 3. С. 43—62.
28. Яницкий Е.Б., Дунаев В.А. Обоснование методики эксплуатационного опробования апатит-штаффелитовых руд Ковдорского месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 3. С. 87—97.

REFERENCES

1. Alekseev N.F. The problem of geological and industrial assessment of ore deposits // Izvestiya VUZov. Geology and exploration. 1988. No. 6. P. 53—59.
2. Bogatsky V.V. Mathematical analysis of the exploration network. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1963. 212 p.
3. Vasiliev S.P. The method of economic equivalence in determining the frequency of boreholes during detailed exploration for coal in the Moscow Basin // Exploration and protection of mineral resources. 1950. No. 1. P. 29—34.
4. Vikentiev V.A., Voronkov V.A., Kushnarev P.I., Yaskovskiy P.P. On properties of geometrization errors // Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration. 1979. No. 2. P. 122—128.
5. Guskov O.I., Shumilin M.V. On the application of statistical methods to analyze the density of the exploration network. News of higher educational institutions // Geology and exploration. 1968. No. 6. P. 69—77.
6. Dementiev L.F., Khitrov E.A., Shurubor Yu.V. Application of information measures in oilfield geology // Proceedings. Perm State Research and Design Institute of the Oil Industry "Permnapineft". 1974. Iss. 10. 155 p.
7. Dunaev V.A., Yanitskiy E.B. Technique for sampling drilling blast hole cuttings during open pit mining of the Kovdorskoye apatite-shtaffelite deposit // Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration. 2014. No. 1. P. 30—36.
8. Zagibalov A.V. Application of simulation modeling methods for exploration of alluvial gold deposits for the study of errors in delineation and calculation of reserves // Mining Information and Analytical Bulletin. 2010. No. 3. P. 166—176.
9. Zenkov D.A. Methods for determining the density of the exploration network // Soviet Geology. 1957. No. 61. P. 130—143.
10. Kazhdan A.B. On the mathematical description of the variability of geological exploration parameters of ore deposits // Mathematical methods in geology. Moscow: Nedra, 1968. P. 92—99.
11. Kazhdan A.B. Exploration of mineral deposits. Moscow: Nedra, 1974. 327 p.
12. Kallistov P.L. Variability of mineralization and density of observations during exploration and sampling // Soviet Geology. 1956. No. 53. P. 118—131.
13. Lebedev G.V. Methods for determining the parameters of sampling systems // Bulletin of the Perm University. Geology. 2007. No. 4(9). P. 76—90.
14. Lebedev G.V. On methods for determining the parameters of sampling systems // Geometrization and analysis of geological fields of mineral deposits. Perm, 1981. Iss. 1. P. 14—40.
15. Lebedev G.V., Nabiulin V.I. Technique for determining the optimal observation network under conditions of hidden periodicity of geological fields // Bulletin of the Perm University. Geology. 2008. No. 10(26). P. 83—90.
16. Mambueni P. Application of geological and economic analysis to substantiate the optimal network of exploration of ore deposits (on the example of vein deposits of tin): abstract. dis. ... cand. geol-miner. sciences. Moscow, 2004. 23 p.
17. Matern Zh. Fundamentals of applied geostatistics. Moscow: Mir, 1968. 408 p.
18. Miller R.L. Statistical analysis in geological sciences. Moscow: Mir, 1965. 480 p.
19. Mining S.S. Determination of the optimal parameters of the sampling network for drilling and blasting wells in the extraction areas of the Mikhailovskoye field // Mining Information and Analytical Bulletin. 2004. No. 2. P. 191—195.
20. Myagkov V.F., Lebedev G.V. Autocorrelation method for determining distances between samples // Geology of mineral deposits of the Urals and new methods of their study: Proceedings. scientific report. meeting Sverdlovsk, 1974. P. 203—204.
21. Nizguretsky Z.D. Some features of the use of the method of moving averages in geometrization // Collection of works on the study of rock pressure and displacement of rocks. Leningrad: Nedra, 1961. P. 83—91.
22. Redkin G.M. non-stationary anisotropic mathematical modeling of inhomogeneities of systems of mineral raw materials. Moscow: Publishing house of the Association of construction universities, 2007. 500 p.
23. Ruposov V.L. The study of the density of the exploration network in the exploration of iron ore deposits of the Angaro-Ilim type based on simulation: abstract. dis. ... cand. geol-miner. sciences. Irkutsk, 2002. 22 p.
24. Smirnov V.I. On the density of the exploration network // Soviet Geology. 1957. No. 58. P. 150—162.

ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ / GEOLOGY AND PROSPECTING FOR SOLID MINERAL DEPOSITS

25. Snetkov V.I. Criterion for optimal approximation of geological indicators using Fourier series // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2005. No. 5. P. 11—15.
26. Snetkov V.I. Substantiation of methods for qualimetric evaluation of reserves of solid minerals: abstract. dis. ... doct. tech. sciences. Moscow, 2005. 40 p.
27. Stolchnev V.G. Geometrization of deposits from the standpoint of “non-Euclidean” geometry // Mine surveying and subsoil use. 2004. No. 3. P. 43—62.
28. Yanitskiy E.B. Dunaev V.A. Substantiation of the method of operational testing of apatite-staffelite ores of the Kovdor deposit // Mining Information and Analytical Bulletin. 2015. No. 3. P. 87—97.

ВКЛАД АВТОРА / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Яницкий Е.Б. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Evgeniy B. Yanitskiy — 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.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Яницкий Евгений Брониславович — кандидат географических наук, заместитель генерального директора по научной работе и развитию, заведующий лабораторией горнопромышленной геологии ОАО «ВИОГЕМ».

86, пр. Б. Хмельницкого, г. Белгород, 308007, Россия

тел.: +7 (4722) 73-25-15

e-mail: yanez@geomix.ru

SPIN-код: 9400-0730

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0738-3182>

Evgeniy B. Yanitskiy — Cand. of Sci. (Geography), Deputy General Director for Research and Development, Head of the Laboratory of Mining Geology of OJSC VIOGEM.

86, B. Hmel`nitskogo ave., Belgorod 308007, Russia

tel.: +7 (4722) 73-25-15

e-mail: yanez@geomix.ru

SPIN-code: 9400-0730

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0738-3182>

<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-73-85>

УДК 004.942 + 550.8.05 + 553.048



ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПОИСКА АНИЗОТРОПНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПРИ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ НА ПРИМЕРЕ РУДНОГО ТЕЛА ВЕРХНЕЕ МНОГОВЕРШИННОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Р.А. СКРУЙБИТЕ*, Ш.И. ФАХРУТДИНОВ

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

АННОТАЦИЯ

Введение. При подсчете запасов геостатистическими методами в процессе вариографического анализа периодически могут возникать сложности с определением направления поискового эллипсоида, особенно на месторождениях с логнормальным распределением полезного компонента. Поисковый эллипсоид определяет основные направления анизотропии минерализации и является одним из ключевых элементов в процессе интерполяции содержаний в блочную модель. Корректная интерполяция содержаний обеспечивает достоверную оценку запасов.

Цель. Определить наличие влияния морфологии рудного тела на анизотропные направления.

Материалы и методы. В основу работы положены материалы отчета по технико-экономическому обоснованию кондиций и подсчету запасов Многовершинного золоторудного месторождения за 1975 год, а также база данных, включающая каталоги координат скважин, горных выработок, инклинометрии и результатов опробования.

Основным методом исследования был принят метод трехмерного компьютерного моделирования в горно-геологической информационной системе «Micromine».

На примере рудного тела Верхнее Многовершинного месторождения проведены статистические и геостатистические исследования, а также подсчет запасов. Произведено сравнение оцененных запасов с запасами, подсчитанными традиционным способом и утвержденными ГКЗ СССР в 1975 году.

Результаты. Сопоставление геологической интерпретации рудного тела, полученной в результате каркасного моделирования по данным опробования, и поискового эллипсоида, построенного по результатам вариографического анализа, показало влияние морфологии рудного тела на направления осей минимальной изменчивости оруденения. Определено, что ориентировка поискового эллипсоида соответствует элементам залегания рудного тела. Проверка проинтерполированной блочной модели показала оценку, близкую к достоверной. Сопоставление подсчитанных запасов с запасами 1975 года показало высокую сходимость в цифрах запасов.

Ключевые слова: геология, золоторудное месторождение, блочное моделирование, геостатистика, анизотропия, подсчет запасов

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Скруйбите Р.А., Фахрутдинов Ш.И. Геологическая основа поиска анизотропных направлений при геостатистическом моделировании на примере рудного тела верхнее многовершинного золоторудного месторождения. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2022;64(5):73—85. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-73-85>

Статья поступила в редакцию 01.06.2021
Принята к публикации 12.12.2022
Опубликована 19.12.2022

* Автор, ответственный за переписку

GEOLOGICAL FOUNDATIONS FOR DETERMINATION OF ANISOTROPIC DIRECTIONS IN GEOSTATISTICAL MODELING ON THE EXAMPLE OF VERKHNEE OREBODY OF THE MNOGOVERSHINNOE GOLD DEPOSIT

RASA A. SKRUYBITE*, SHAMIL I. FAKHRUTDINOV

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

ABSTRACT

Background. When calculating reserves using geostatistical methods, variographic analysis can occasionally encounter difficulties in determining the direction of the search ellipsoid, particularly in deposits with a lognormal distribution of the useful component. The search ellipsoid defines the main directions of mineralization anisotropy, thus comprising a key element in the process of interpolating grades into a block model. The correct interpolation of grades provides a reliable estimate of reserves.

Aim. To determine the influence of the orebody morphology on anisotropic directions.

Materials and methods. Data from a report on the technical and economic substantiation of the resource and estimation parameters of the Mnogovershinnoe gold deposit for 1975 were used, along with a database comprising catalogues of borehole coordinates, mining outputs, inclinometry and exploratory test data. Three-dimensional computer modeling was performed in the Micromine mining and geological information system. Using the example of the Verkhnee orebody of the Mnogovershinnoe gold deposit, statistical and geostatistical studies were carried out to calculate the reserves. The as-calculated reserves were compared with those estimated by a polygonal method and approved by the State Commission for Mineral Reserves (GKZ) USSR in 1975.

Results. The conducted comparison of the geological interpretation of the orebody under study, obtained by both wireframe modeling based on exploratory test data and the search ellipsoid constructed by variographic analysis, confirmed the influence of the orebody morphology on the axis directions of the minimal variability of mineralization. The orientation of the search ellipsoid was determined to be consistent with the geological interpretation of the orebody. Verification of the interpolated block model showed the estimate to be close to a reliable value. The comparison of the calculated reserves with those of 1975 showed their good convergence.

Keywords: geology, gold ore deposit, block modeling, geostatistics, anisotropy, estimation of reserves

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

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

For citation: Skrubit R.A., Fakhrutdinov Sh.I. Geological foundations for determination of anisotropic directions in geostatistical modeling on the example of Verkhnee orebody of the Mnogovershinnoe gold deposit. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2022;64(5):73—85. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-73-85>

Manuscript received 01 June 2021

Accepted 12 December 2022

Published 19 December 2022

* Corresponding author

Многовершинное золоторудное месторождение расположено в Николаевском районе Хабаровского края РФ. Месторождение выявлено в 1959 г. В.Р. Поликановым. Разведка месторождения осуществлялась поэтапно с 1968 г. Постоянные кондиции для подсчета запасов Многовершинного месторождения были утверждены ГКЗ СССР 28.09.1973 г. (протокол № 744-к), позднее эти кондиции подтверждены ГКЗ СССР 30.12.1975 г. (протокол № 7565). Тем же протоколом утверждены запасы рудного тела Верхнее Многовершинного месторождения по результатам разведочных работ 1968—1975 гг.

Месторождение хорошо изучено и неоднократно упоминалось в литературе [1, 6, 8, 10]. Рудное тело Верхнее отрабатывается с 1986 года, к настоящему времени практически полностью отработано. В 2015 и 2018 годах были утверждены остаточные запасы на глубоких горизонтах. В основу настоящей статьи легли исследования, проведенные по результатам разведочных работ 1968—1975 годов.

Месторождение Многовершинное, включающее рудное тело Верхнее, расположено в пределах Улской вулканоплутонической структуры на стыке Амгунского и Горинского синклиналиев Сихотэ-Алинской складчатой области. Структура имеет двухъярусное строение: нижний ярус образован складчатыми осадочными породами нижнего мела, верхний представлен вулканитами палеоценового возраста преимущественно жерловой и субвулканической фаций. Оба структурных комплекса прорваны крупным (500 км) Бекчи-Ульским массивом гранитоидов, у северо-западного контакта которого расположено месторождение Многовершинное. Кроме того, вулканиты и гранитоиды прорваны большим количеством крутопадающих даек диоритовых порфириров, андезитов, базальтов и более поздних гранит-порфиров эоцен-олигоценного возраста.

Главной особенностью структуры рудного поля является четкое обособление нескольких рудных зон вдоль мобильных швов северо-восточного ($45\text{—}55^\circ$) простираения, круто падающих на северо-запад. В настоящее время можно выделить шесть таких зон: Главную, Промежуточную, Водораздельную, Бурливую, Медвежью и Салали. Наиболее детально изучены три первые.

Рудное тело Верхнее локализуется в рудной зоне Главной, приуроченной к крутопадающему разлому северо-восточного простираения ($40\text{—}50^\circ$). Общая протяженность зоны 5,8 км. В пределах зоны широко проявились процессы

пропилитизации и кварц-серицитового изменения вулканогенных пород. Последние явились результатом околотрещинного метасоматоза и последующего жильного выполнения. В целом рудная зона весьма выдержана по простираению и падению ($СЗ\ 70\text{—}80^\circ$). Мощность зоны 10—60 м. Выклинивания зоны метасоматически измененных пород с глубиной не установлено, однако промышленное оруденение затухает на интервале глубин +400—450 м. Строение зоны осложнено многочисленными пострудными нарушениями, дайками и интрузиями.

Верхнее рудное тело представляет собой линейно-вытянутое крутопадающее жильно-прожилковое образование большой мощности и простираения. Промышленное оруденение развивается от поверхности к глубине. Общая протяженность рудного тела по простираению ($СВ\ 40\text{—}60^\circ$) более 550 м. Размах оруденения по вертикали составляет около 400 м. Средний угол падения — 70° . Рудное тело Верхнее является наиболее богатым рудным телом Многовершинного месторождения, по размерам соответствует среднему месторождению, по сложности геологического строения отнесено к 3-й группе.

Рудное тело сложено различным по структуре кварцем, кварц-серицитовыми породами с реликтами пропилитизированных вмещающих пород. Оруденение в основном локализовано в кварцевом теле (метасоматитах) и частично во вмещающих пропилитизированных вулканитах с прожилково-вкрапленным окварцеванием (слабо гидротермально измененные породы). Наибольшей продуктивностью рудного тела отличается его лежащий бок, сложенный кварц-адуляровыми и кварц-адуляр-гидрослюдистыми породами с метаколлоидными и брекчиевыми текстурами.

Детальным опробованием установлено, что для золота в рудном теле характерно практически непрерывное распределение. Участки с низкими содержаниями золота встречаются очень редко, и величина таких участков не превышает 5—15 м. Распределение повышенных содержаний золота носит гнездово-струйчатый характер. Присутствуют так называемые «рудные столбы».

Максимальное содержание по результатам опробования: золото — 384,6 г/т, серебро — 129,8 г/т.

В целом руды месторождения относятся к золото-адуляр-халцедон-кварцевой убогосульфидной формации, золото-галенит-сфалерит-халькопиритовому минеральному типу [11]. Основным

промышленно ценным компонентом в рудах является золото, попутным — серебро.

Изучение рудного тела Верхнее с поверхности проводилось проходкой канав с шагом 20 метров по простиранию. Длина их составляла 20—60 м, а глубина не превышала 2,5—3,0 м. На глубину изучение проводилось штольневými горизонтами горных выработок с расстоянием 40—60 м между ними. Полнота пересечения рудных тел по мощности обеспечивалась проходкой расщелин из штреков через 20—25 м. По восстанию и падению оруденение изучалось редкими скважинами и расщелинами из восстающих.

На стадии разведки сеть наблюдений составила (40—80)×(20—60) м, что позволило квалифицировать запасы Верхнего рудного тела по категориям В и С₁.

Для рудного тела в ГГИС «Micromine» были проведены статистические и геостатистические исследования: статистические — с целью установления основных статистических показателей и геостатистические — для определения влияния геологических структур на направления осей минимальной изменчивости оруденения.

Последовательность проведения таких исследований рассматривалась в российской и зарубежной литературе, а также в Методических рекомендациях по подсчету запасов с использованием блочного моделирования [3, 4, 7, 12—14].

Статистический анализ данных опробования. На основе данных опробования

по всему месторождению оценивались следующие статистические показатели: количество проб в выборке, минимум и максимум выборки, среднее значение содержаний по всей выборке, коэффициент вариации, медиана, дисперсия и стандартное отклонение. Статистические показатели рудного тела Верхнее по всей выборке представлены в таблице 1.

Создание кондиционных интервалов. Выделение рудных интервалов и оконтуривание рудных тел по мощности выполнялось на основе следующих параметров постоянных разведочных кондиций, принятых ГКЗ СССР для рудного тела Верхнее Многовершинного месторождения в соответствии с протоколом от 30.12.1975 г. № 7565 для открытого способа отработки:

- бортовое содержание золота в пробе — 1 г/т;
- минимальная мощность рудных тел — 0,8 м, при меньшей мощности, но более высоком содержании золота руководствоваться соответствующим метрограммом;
- максимальная мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчет запасов, — 4 м.

Расчет композитов проводился по методике ГКЗ в автоматизированном режиме с использованием программы ГГИС «Micromine». Использовался алгоритм «Строгий» (содержание блока «руда + порода», «порода + руда» на краях композита не ниже бортового содержания, а также содержание блока «порода + руда + порода» не ниже бортового содержания и не превышает максимальную мощность пустого прослоя).

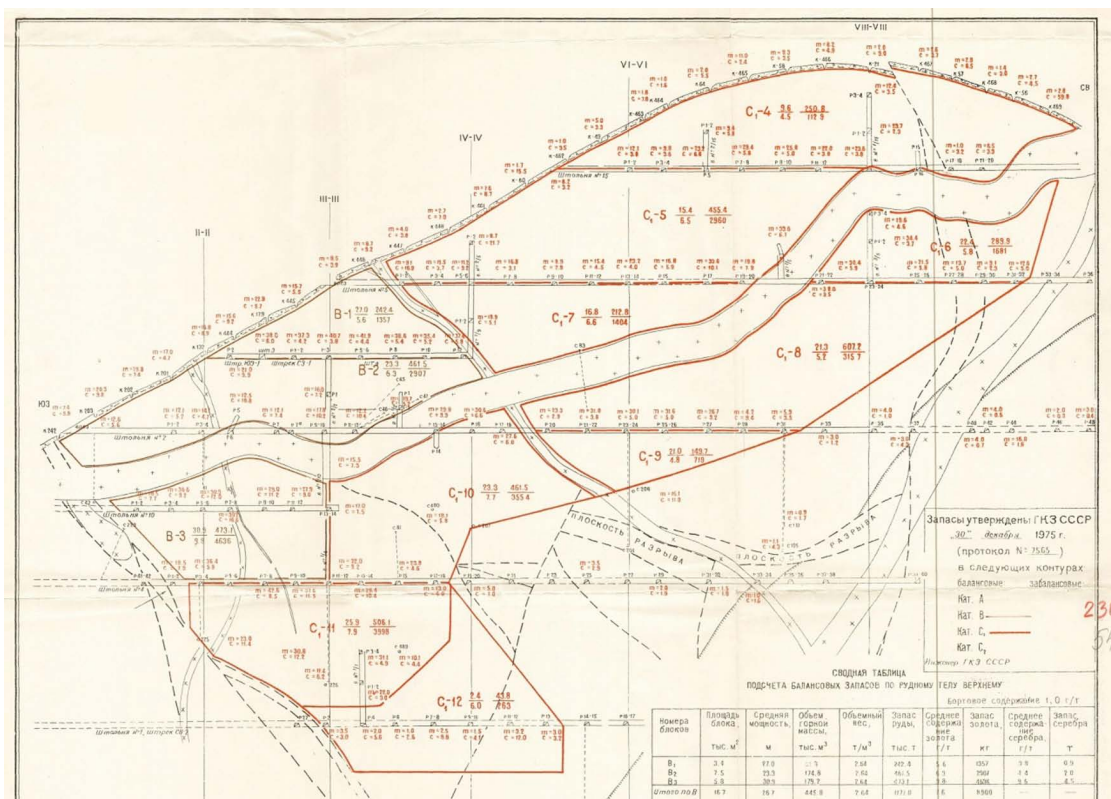
Каркасное моделирование. Каркасное моделирование производилось на основе методики традиционного подсчета запасов в так называемых «жестких» контурах [2, 5, 9]. Оконтуривание по выделенным рудным интервалам проводилось по штольневým горизонтам в связи с преобладанием бороздового опробования. В результате были получены контуры горизонтов рудного тела (стринги) по блокам, которые были соединены в каркасные модели. Каркасные модели представлены в соответствии с блокировкой рудного тела, т.е. каждому утвержденному ГКЗ блоку соответствует свой каркас (рис. 1).

Статистический анализ выбранных данных опробования. Для получения статистических характеристик, а также визуализации распределения содержаний золота был проведен статистический анализ как по всем данным опробования внутри каркасов рудных тел,

Таблица 1. Статистические показатели рудного тела Верхнее по всей выборке
Table 1. Statistical indicators of the orebody Verkhnee for the whole sample

Характеристики	Разведочная стадия	
	Au	Ag
Рудное тело Верхнее		
Кол-во определений	9690	588
Минимум	0,02	0,03
Максимум	384,6	146,1
Среднее содержание	4,121	3,216
Медиана	1,4	1,2
Коэф. вариации	2,828	2,925
Дисперсия выборки	135 854	88,491
Стандартное отклонение	11,656	9,407
Оценка Сисхеля	5,158	2,774
Ln std. отклонение	1,731	1,242

а



б

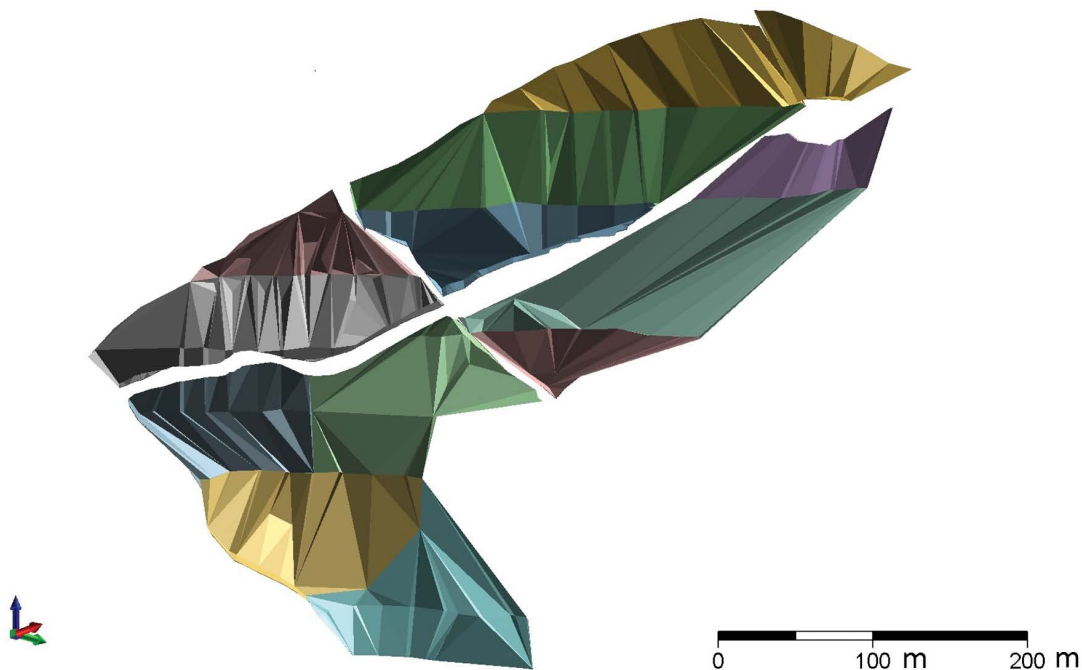


Рис. 1. Блокировка рудного тела Верхнее: а — проекция блоков на вертикальную плоскость в 1975 г.; б — каркасные модели блоков

Fig. 1. Blockage of the Verkhnee orebody: а — the projection of blocks onto a vertical plane in 1975; б — wireframe block models

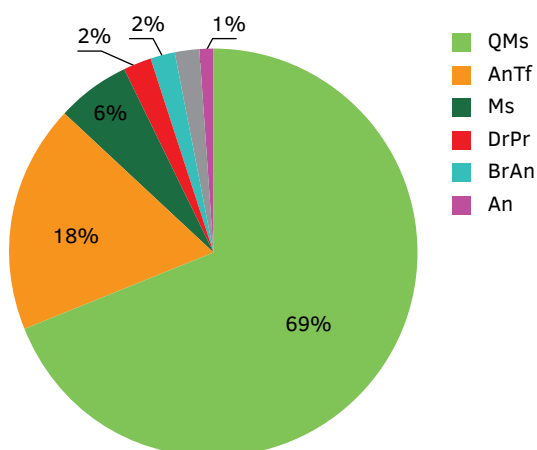


Рис. 2. Процентное соотношение содержаний золота в основных рудовмещающих породах: QMs — кварцевые метасоматиты, AnTf — туфы андезитов, Ms — кварц-серицитовые метасоматиты, DrPr — диоритовые порфириды, BrAn — брекчиевые андезиты, An — андезиты

Fig. 2. The percentage of gold grades in the main ore-bearing rocks: QMs — quartz metasomatites, AnTf — andesite tuffs, Ms — quartz-sericite metasomatites, DrPr — diorite porphyrites, BrAn — breccia andesites, An — andesites

так и по литологическим разновидностям основных вмещающих пород. Процентное соотношение содержаний золота в основных рудовмещающих породах представлено на диаграмме (рис. 2).

Как видно из диаграммы, около 70% золота находится в кварцевых метасоматитах. Среднее содержание золота в них составило 8,57 г/т (количество определений 3354), в серицит-кварцевых метасоматитах — 3,59 г/т (количество определений 266), в туфах андезитов — 3,99 г/т (количество определений 881).

Был рассмотрен вопрос необходимости разделения рудного тела на домены. Учитывая то что метасоматиты относятся к одному этапу рудообразования, а туфы андезитов как слабо гидротермально измененные породы рудоносны только на контактах с метаморфическими породами или присутствуют в метасоматитах в виде прожилков, разделение их на домены не проводилось.

В пределах рудного тела присутствуют так называемые «рудные столбы» — участки руд с повышенными содержаниями полезного компонента. В настоящей работе подсчет запасов производился по кондиционным параметрам 1975 года, в которых не выделялись параметры кондиций для богатых участков.

По всей выборке содержаний в пределах каркасов рудного тела была построена гистограмма (рис. 3), которая показала логнормальное распределение золота, относительно невысокий коэффициент вариации — 2,185 и наличие одной популяции со средним содержанием 6,7 г/т, что позволяет использовать для подсчета запасов простые методы интерполяции, предварительно ограничив ураганные содержания.

В качестве попутного компонента в 1975 году утверждались запасы серебра. В связи с отсутствием в имеющейся базе данных опробования значительной части определений серебра (статистический анализ показал, что имеются данные только по 0,3% значений из выборки содержаний внутри каркасов рудного тела) геостатистические исследования и подсчет запасов серебра не производились во избежание некорректной оценки.

Ограничение ураганных содержаний. В настоящем подсчете ураганные содержания были ограничены аналогично традиционному подсчету 1975 г. методом П.Л. Каллистова. С учетом

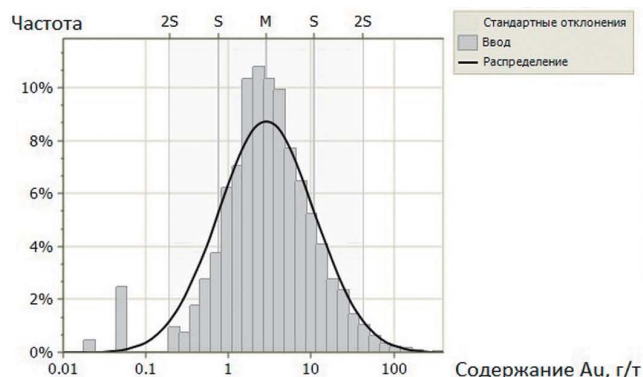


Рис. 3. Гистограмма содержаний золота в пределах каркасов рудного тела
Fig. 3. Histogram of gold grades within orebody frameworks

Минимальная величина	0.020	Дисперсия	214.876	Геометрич. std. откл.	3.831
Максимальная величина	384.600	Стандартное отклонение	14.659	Оценка Сидделя	7.056
2-е наибольшее	301.000	Коеф. вариации	2.185	V Сидделя	1.804
3-е наибольшее	217.300	Медиана	2.900	Гамма Сидделя	2.464
4-е наибольшее	210.300	Lp среднее	1.052	Хи-квадрат	2221.897
Кол-во	4902	Lp std. отклон.	1.343	Степени свободы	26
Среднее	6.707	Геометрич. среднее	2.864		

ограничения выдающихся содержаний запасы снизились на 2,3%.

Создание композитных интервалов равной длины. Для определения длины композита был произведен статистический анализ данных опробования внутри каркасов, который показал, что больше 60% проб имеют длину 1 м. В связи с этим для рудного тела Верхнее Многовершинного месторождения была выбрана длина композитного интервала 1 м.

Геостатистический анализ. Целью геостатистического анализа является создание серии направленных полувариограмм. Полувариограммы (часто используется сокращение — вариограммы) представляют собой график средних значений из разниц (корреляции) пар проб, расположенных на различных расстояниях друг от друга. Вариограммы позволяют визуализировать пространственную корреляцию в пределах изучаемой области, а также оценить присутствие направленной анизотропии минерализации и ее непрерывность по главным направлениям.

Для построения вариограмм использовались композитированные данные опробования внутри каркасных моделей рудных тел после процедуры ограничения выдающихся содержаний.

Для определения оптимального шага полувариограмм был создан набор всенаправленных полувариограмм с различным шагом. Оптимальным был выбран шаг 10° . Для определения направления минимальной изменчивости содержаний был отстроен веер горизонтальных полувариограмм, состоящий из 18 моделей полувариограмм (с азимутом от 0° до 180° и с шагом приращения 10°). Дополнительно в интервале от 40° до 50° был построен вспомогательный веер с шагом в 1° для более точного определения направления главной оси, азимут которой по результатам исследования составил 48° .

Вертикальный веер полувариограмм по направлению первой оси с градацией по углу погружения от -90° до $+90^\circ$ и уточнением в интервале от -10° до 10° через 1° не показал погружения главной оси. Погружение главной оси — 0° .

Азимут второй оси был рассчитан автоматически — 138° как перпендикуляр к главному направлению. Угол погружения второй оси был определен по такому же принципу, что и первой, — построением серии полувариограмм в вертикальном веере от -90° до $+90^\circ$ и уточнением через 1° в интервале от -50° до -70° . Угол погружения второй оси составил -60° .

Азимут и погружение третьей оси были рассчитаны автоматически исходя из того, что все оси перпендикулярны главному направлению. Азимут третьей оси был определен как 138° , погружение — 30° .

Характеристики полувариограмм представлены в таблице 2.

Были смоделированы все три оси пространственной анизотропии для логнормального распределения. Зоны влияния были определены как 150 м для первой оси, 100 м для второй оси и 30 м для третьей оси. Для проверки был отстроен набор полувариограмм, в котором использовалось однородное/ранговое преобразование с более сглаженными значениями. Результат оказался аналогичен.

Параметры полувариограмм легли в основу определения направления осей поискового эллипсоида, который использовался для последующей интерполяции содержаний в блочную модель. При визуализации рудного тела и поискового эллипсоида в пространстве видно, что ориентировка поискового эллипсоида соответствует геологической интерпретации рудного тела (рис. 4).

Для качества определения вариограмм применялась перекрестная проверка, которая осуществлялась путем временного удаления значения из исходных данных и использования модели вариограммы для оценки отсутствующего значения из окружающих данных. По результатам перекрестной проверки отстроена диаграмма рассеяния, которая показала, что дисперсия значений не очень велика — коэффициент корреляции между парами значений составил 0,78, что свидетельствует о хорошей сходимости данных (рис. 6в).

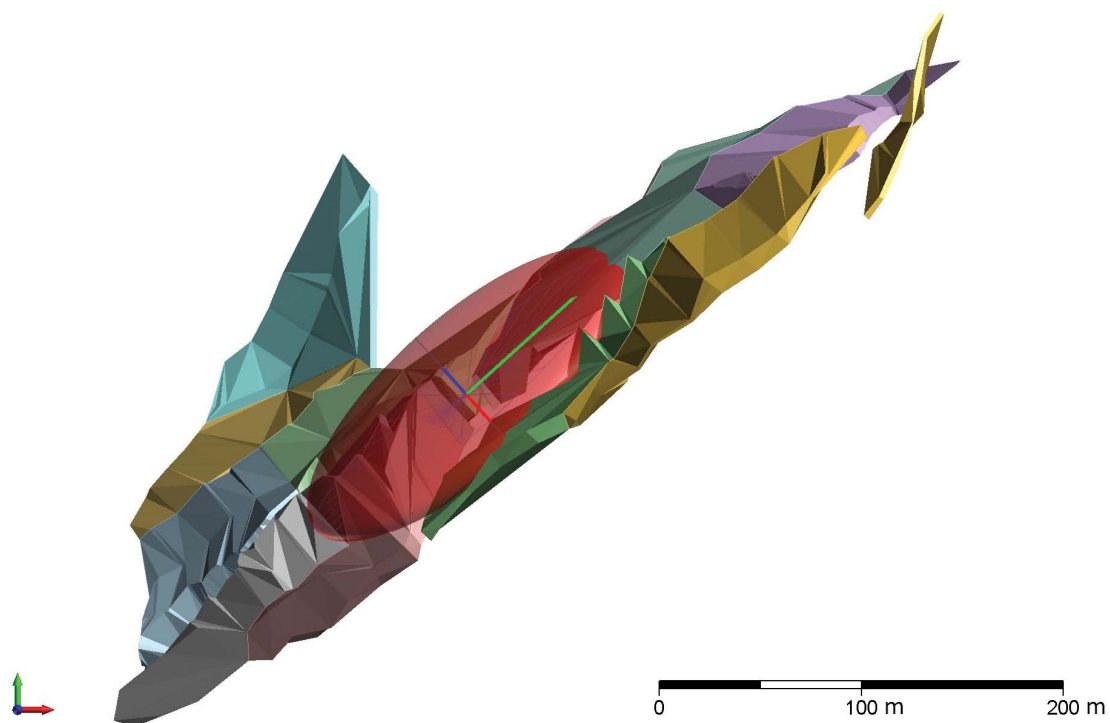
Таблица 2. Характеристики полувариограмм
Table 2. Characteristics of semi-variograms

Ось	Азимут	Наклон
Первая	48°	0°
Вторая	138°	-60°
Третья	138°	30°

Таблица 3. Параметры пустой блочной модели
Table 3. Parameters of the empty block model

Направление	Мин. центр	Макс. центр
EAST	32 260	32 693
NORTH	81 068	81 435
RL	520	905

а



б

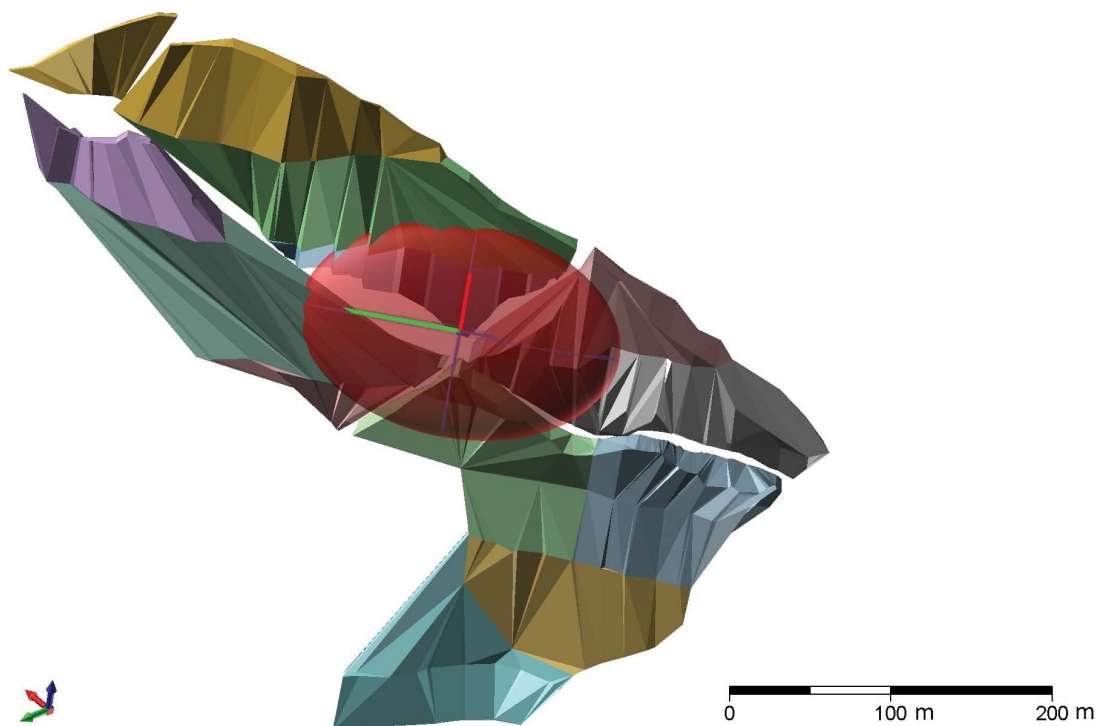


Рис. 4. Визуализация поискового эллипсоида и геологической интерпретации рудного тела: а — вид сверху; б — вид сбоку

Fig. 4. Visualisation of the search ellipsoid and geological interpretation of the orebody: а — plan view; б — side view

Блочное моделирование. Перед построением блочной модели были определены экстенды — минимальные и максимальные координаты границ рудного тела. В этих границах была создана пустая блочная модель, параметры которой представлены в таблице 3. Размер материнских блоков модели был выбран $5 \times 5 \times 20$ м (XYZ) как $\frac{1}{4}$ от средней ячейки сети разведки.

В процессе создания пустые блочные модели кодировались каркасными моделями. Для всех каркасов (блоков) рудного тела создана одна общая блочная модель. При присвоении (кодировании) каркасных моделей в блочную модель использовался параметр «субблоки». Параметр субблоков задавался как $10 \times 10 \times 10$.

Интерполяция содержаний. Интерполяция содержаний полезных компонентов в пустую блочную модель производилась методом анизотропных обратных расстояний — AIDW (anisotropic inverse distance weighting) со степенью 3. Содержания золота интерполировались в блочную модель по всем пробам в каркасных моделях рудных тел и оценивались по композитированным пробам.

При интерполяции использовался процесс декластеризации путем разбиения эллипсоида поиска на четыре сектора. Наложение ограничения для каждого сектора было следующим: максимальное количество точек в секторе — 15, минимальное — 5 точек. Ориентация осей — геостатистическая. Были использованы 3 значения радиуса поиска — 40, 80 и 160, пока 100% блоков блочной модели не были проинтерполи-

рованы. Радиус поиска выбирался на основании сети наблюдений $(40—80) \times (20—60)$ м. Азимут и погружения осей анизотропии принимались по результатам построения полувариограмм. Блочная модель после интерполяции содержаний представлена на рисунке 5.

Проверка блочной модели после интерполяции включала в себя визуальную проверку и график квантилей (рис. 6).

Для визуальной проверки блочная модель визуализировалась вместе с данными опробования и производилось их сравнение.

График квантилей позволил сравнить корреляцию между исходными данными и полученными в результате интерполяции в блочную модель. Из графика можно увидеть, что при интерполяции в блочную модель произошло незначительное завышение в низких классах содержаний и занижение в высоких. Учитывая коэффициент корреляции 0,986, можно сделать вывод о сходимости исходных и полученных значений. В целом присутствует завышение низких содержаний и занижение высоких, что, в общем, дает оценку близкую к достоверной.

Для проверки корректности выбора направлений осей поискового эллипсоида и соотношения их длин был проведен подсчет запасов рудного тела.

Отчет по запасам. Оценка запасов была произведена для каждого каркаса (блока). Сравнение запасов, подсчитанных с помощью блочного геостатистического моделирования,

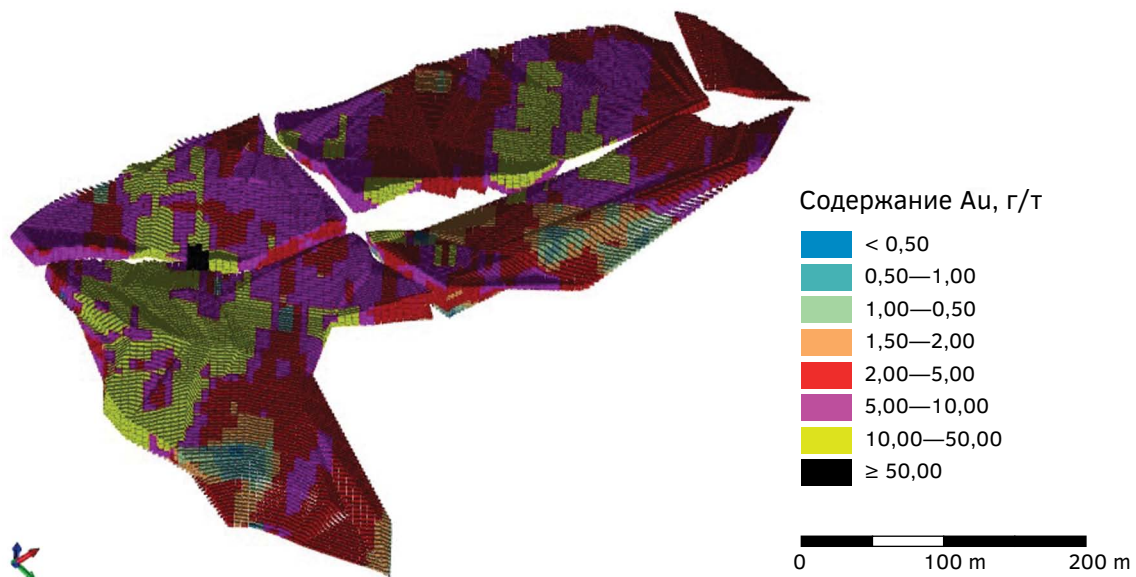


Рис. 5. Блочная модель рудного тела после интерполяции содержаний с градацией содержаний золота
Fig. 5. Block model of the orebody after grade interpolation with gold grading

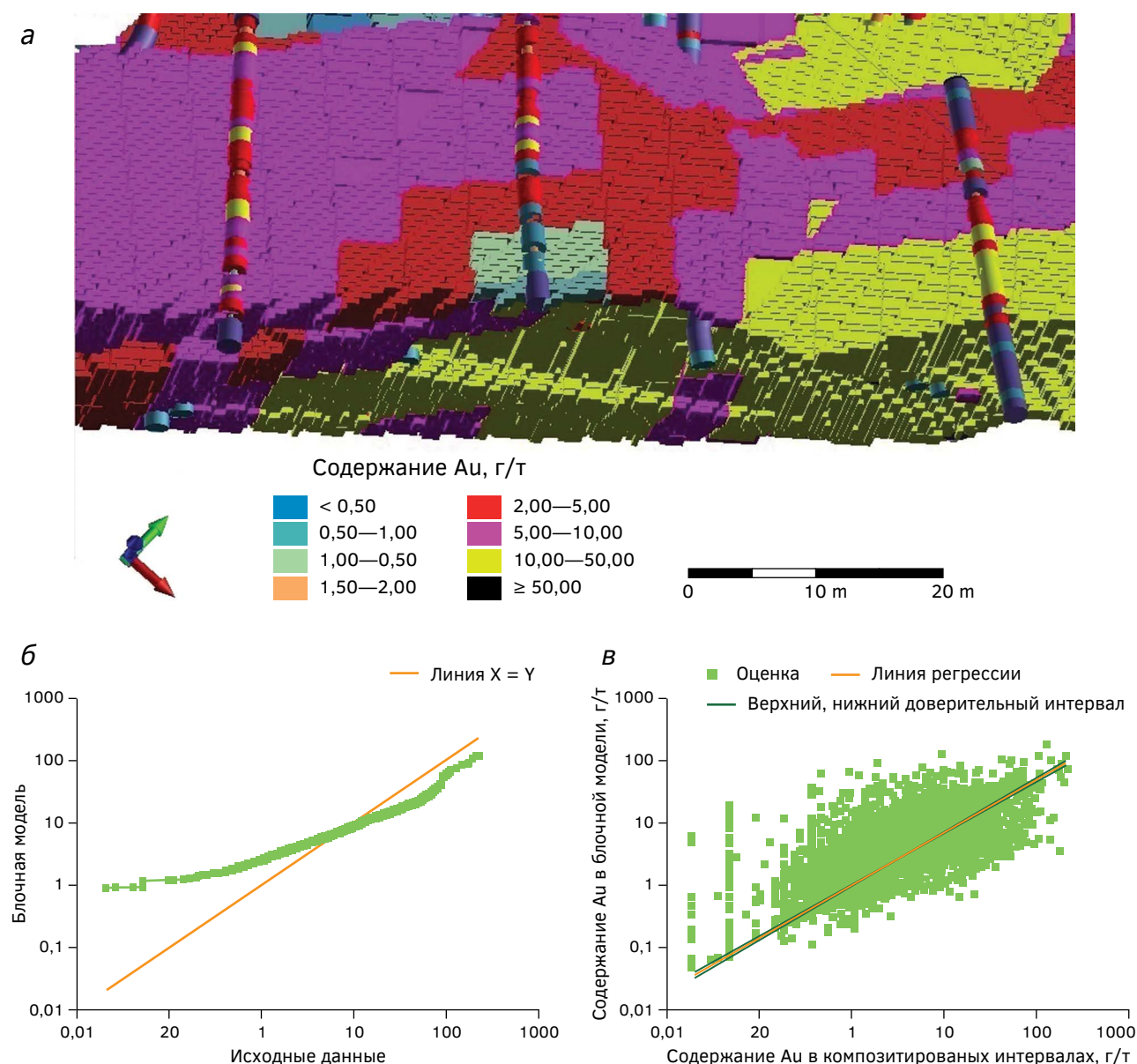


Рис. 6. Результаты проверки блочной модели: а — визуальная проверка; б — график квантилей; в — диаграмма рассеяния по результатам перекрестной проверки

Fig. 6. Results of block model validation: а — visual validation; б — quantile-quantile plot; в — cross validation scatter plot

с запасами, подсчитанными традиционным способом и утвержденными ГКЗ СССР в 1975 году по результатам разведочных работ, представлено в таблице 4.

Как видно из таблицы 4, блочная модель незначительно занизила запасы руды и завысила средние содержания. Также наблюдаются различия в запасах по блокам, что является стандартным следствием фундаментальных различий в методах подсчета. В целом по рудному телу между

запасами наблюдается высокая сходимость — разница между запасами составила 892,4 кг, в процентном соотношении — 3,2%.

Для сравнения в границах блочной модели была проведена интерполяция при помощи сферического поиска данных с применением тех же параметров, что и для эллипсоидного. При интерполяции с использованием сферы запасы золота снизились на 6,4% (1725,2 кг), содержания снизились на 6,8% по сравнению с эллипсоидным

Таблица 4. Сравнение запасов, подсчитанных с помощью блочного геостатистического моделирования, с запасами, подсчитанными традиционным способом в 1975 году по результатам разведочных работ**Table 4.** Comparison of reserves calculated by block geostatistical modelling with those calculated by conventional exploration in 1975

Блок	Запасы, подсчитанные традиционным способом по результатам разведочных работ 1968—1975 гг.			Запасы, подсчитанные с помощью блочного моделирования по результатам разведочных работ 1968—1975 гг.			Сопоставление результатов традиционного подсчета запасов и блочного моделирования		
	Запасы руды, тыс. т	Среднее содержание золота, г/т	Запасы золота, кг	Запасы руды, тыс. т	Среднее содержание золота, г/т	Запасы золота, кг	Запасы руды, %	Среднее содержание золота, %	Запасы золота, %
B1	242,4	5,6	1357	203,9	6,5	1328	-15,9%	16,1	-2,1
B2	461,5	6,3	2907	439,4	8,8	3874	-4,8	39,7	33,3
B3	473,1	9,8	4636	485	10,4	5058	2,5	6,1	9,1
C1—4	250,8	4,5	1129	284,4	5,4	1522	13,4	20,0	34,8
C1—5	455,4	6,5	2960	472,1	6,3	2991	3,7	-3,1	1,0
C1—6	289,9	5,8	1681	155,1	5,3	816	-46,5%	-8,6	-51,5%
C1—7	212,8	6,6	1404	194,2	6,4	1247	-8,7	-3,0	-11,2%
C1—8	607,2	5,2	3157	604,2	4	2416	-0,5	-23,1	-23,5%
C1—9	149,7	4,8	719	144,4	6,1	886	-3,5	27,1	23,2
C1—10	461,5	7,7	3554	453,8	7,5	3400	-1,7	-2,6	-4,3
C1—11	506,1	7,9	3998	424,1	7,5	3176	-16,2	-5,1	-20,6
C1—12	43,8	6	263	51	3,1	157	16,4	-48,3	-40,3
ВСЕГО	4154,2	6,7	27765	3911,5	6,9	26873	-5,8	3,0	-3,2

поиском. Разница с утвержденными запасами составила 9,4% по металлу (2618 кг), 4% по содержанию в сторону занижения. Наиболее точная сходимость запасов Верхнего рудного тела с утвержденными достигнута при интерполяции с помощью эллипсоида.

Результаты исследований показали, что при геостатистических исследованиях важно учиты-

вать структурно-геологический фактор рудо-контроля. Опора на геологическую основу может быть ориентиром для корректного выбора направления поискового эллипсоида для рудных месторождений линейно-вытянутого морфологического типа, аналогичным рудному телу Верхнее, а также для отдельных доменов подобной морфологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Солодов Н.А. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов. М.: НИИ-ПРИРОДА, 1999. 220 с.
2. Каждан А.Б. Разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1977. 327 с.
3. Капутин Ю.Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. СПб.: Недра, 2002. 424 с.
4. Капутин Ю.Е. Повышение эффективности управления минеральными ресурсами горной компании (геологические аспекты). СПб.: Недра, 2013. 246 с.
5. Коган И.Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. М.: Недра, 1974. 304 с.
6. Константинов М.М., Варгунина Н.П., Косовец Т.Н., Стружков С.Ф., Сынгаевский Е.Д., Шишакова Л.Н. Золото-серебряные месторождения. Серия: Модели месторождений благородных и цветных металлов. М.: ЦНИГРИ, 2000. 239 с.
7. Рекомендации к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по технико-экономическому обоснованию кондиций и подсчету запасов твердых полезных ископаемых с использованием блочного моделирования на месторождениях различного морфологического типа. М.: ГКЗ МПР РФ, 2015. 86 с.
8. Рудные месторождения СССР (под ред. акад. Смирнова В.И.). Т. 3. М.: Недра, 1978. 496 с.
9. Скрудите Р.А., Акифьева А.Д., Гиль В.А. Опыт государственной экспертизы подсчета запасов твердых полезных ископаемых и ТЭО кондиций,

ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ / GEOLOGY AND PROSPECTING FOR SOLID MINERAL DEPOSITS

выполненных с использованием геостатистических методов // Разведка и охрана недр. 2016. № 8. С. 56—58.

10. Старостин В.И., Игнатов П.А. Геология полезных ископаемых. М.: Академический Проспект, 2006. 512 с.
11. Хохлов Э.П., Усанов Г.Е., Зарембский Е.П., Агеев А.Т. Геологическое строение и промышленная оценка Многовершинного золоторудного месторождения

(Отчет о результатах работ Многовершинной партии за 1968—75 гг. по сост. на 01.10.1975 г.). Многовершинный, 1975. 242 с.

12. Coombes J. The art and science of resource estimation. Perth: Coombes Capability, 2008. 231 p.
13. Isaaks E., Srivastava M. An Introduction to Applied Geostatistics, N.Y.: Oxford University Press, 1989. 592 p.
14. Rossi M., Deutsch C. Mineral Resource Estimation. Dordrecht: Springer, 2014. 346 p.

REFERENCES

1. Boytsov V.E., Pilipenko G.N., Solodov N.A. Deposits of noble, radioactive and rare metals. Moscow: NIA-PRIRODA Publ., 1999. 220 p. (In Russian).
2. Kazhdan A.B. Exploration of mineral deposits. Moscow: Nedra Publ., 1977. 327 p. (In Russian).
3. Kaputin Yu.E. Mining Computer Technologies and Geostatistics. St. Petersburg: Nedra Publ., 2002. 424 p. (In Russian).
4. Kaputin Yu.E. Improving the efficiency of management of mineral resources of a mining company (geological aspects). St. Petersburg: Nedra Publ., 2013. 246 p. (In Russian).
5. Kogan I.D. Calculation of reserves and geological and industrial evaluation of ore deposits. Moscow: Nedra Publ., 1974. 304 p. (In Russian).
6. Konstantinov M.M., Vargunina N.P., Kosovets T.N., Struzhkov S.F., Syngaevskiy E.D., Shishakova L.N. Gold and silver deposits. Series: Models of deposits of noble and non-ferrous metals. Moscow: TsNIGRI Publ., 2000. 239 p. (In Russian).
7. Recommendations for the composition and rules for the design of materials submitted for state expertise on the feasibility study of conditions and the calculation of solid mineral reserves using block modeling at deposits of various morphological types. Moscow: GKZ MPR RF Publ., 2015. 86 p. (In Russian).
8. Ore Deposits of the USSR (edited by Academician Smirnov V.I.). Moscow: Nedra Publ., 1978. Vol. 3. 496 p. (In Russian).
9. Skruybite R.A., Akifeva A.D., Gil V.A. Experience of state expertise in calculating reserves of solid minerals and feasibility studies of conditions performed using geostatistical methods // Exploration and protection of mineral resources. 2016. No. 8. P. 56—58 (In Russian).
10. Starostin V.I., Ignatov P.A. Mineral geology. Moscow: Akademicheskij Prospekt Publ., 2006. 512 p. (In Russian).
11. Khokhlov E.P., Usanov G.E., Zarembskiy E.P., Ageev A.T. Geological structure and industrial assessment of the Mnogovershinnoye gold deposit. Report on the results of the work of the Mnogovershinnoye party for 1968—75 as of 01.10.1975. Mnogovershinnyy, 1975. 242 p. (In Russian).
12. Coombes J. The art and science of resource estimation. Perth: Coombes Capability, 2008. 231 p.
13. Isaaks E., Srivastava M. An Introduction to Applied Geostatistics, N.Y.: Oxford University Press, 1989. 592 p.
14. Rossi M., Deutsch C. Mineral Resource Estimation. Dordrecht: Springer, 2014. 346 p.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Скруйбите Р.А. — разработала концепцию статьи, подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Фахрутдинов Ш.И. — провел анализ геологической части статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Rasa A. Skruybite — developed the concept of the article, prepared the text of the article, gave final approval to the published version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work

Shamil I. Fakhrutdinov — reviewed the geological part of the article, gave final approval to the published version of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Скруйбите Раса Антанасовна* — соискатель на кафедре геологии месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

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

тел.: +7 (926) 585-18-51

e-mail: forrasa@yandex.ru

SPIN: 2539-1711

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3928-0911>

Rasa A. Skruybite* — Applicant for the degree of Cand. of Sci (Geol.-Min.) at the Department of Geology of Mineral Deposits Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

tel.: +7 (926) 585-18-51

e-mail: forrasa@yandex.ru

SPIN: 2539-1711

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3928-0911>

Фахрутдинов Шамиль Измаилович — кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры информатики и ГИС факультета геологии и геофизики нефти и газа ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

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

тел.: +7 (916) 134-98-44

e-mail: shif.46@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5414-8025>

Shamil I. Fakhrutdinov — Cand. of Sci. (Geol.-Min.), Associate Professor of the Department of Informatics and GIS, Faculty of Geology and Geophysics of Oil and Gas Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

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

tel.: +7 (916) 134-98-44

e-mail: shif.46@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5414-8025>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



ПЛАНЕТАРНЫЕ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИЕ ОРГАНЫ И ПРОХОДКА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

В.Л. СКРИПКА¹, Л.Х. МИНЯЗЕВА^{2,*}

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина»
65, корп. 1, просп. Ленинский, г. Москва 119991, Россия

² ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»
5, стр. 4, ул. 2-я Бауманская, г. Москва 105005, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье рассмотрен один из вариантов оригинального планетарного бурового органа, в котором используются множественные ударные воздействия на разрушаемый массив. Это позволяет усовершенствовать способы проходки наклонных и горизонтальных скважин за счет существенного снижения необходимого усилия подачи и уменьшения энергоемкости разрушения забоя.

Цель. Обоснование методов и средств бурения, позволяющих резко уменьшать радиусы изменения направления бурения при проходке наклонных и горизонтальных скважин.

Материалы и методы. Основным методом в работе является анализ ряда патентных источников и экспериментальной проверки их реализации в лабораторных условиях.

Результаты. Основным преимуществом проанализированных буровых органов является возможность разрушения породы множественными направленными под углом и поверхности забоя ударными импульсами. Это позволяет существенно снизить энергоемкость разрушения и резко уменьшить необходимое усилие подачи в осевом направлении, что дает возможность увеличить диаметр скважин. Уменьшение осевой протяженности бурового органа обеспечивает уменьшение радиусов изменения направления бурения, чем создает предпосылки для усовершенствования технологии проходки, в частности бурения горизонтальных скважин из вертикальных «колодцев».

Заключение. Использование планетарных породоразрушающих органов, реализующих квазидинамическое разрушение множественными ударными импульсами массива путем мелкого скола породы с автоматически формируемой волнистой поверхности забоя, создает предпосылки для совершенствования технологии бурения наклонных и горизонтальных скважин.

Ключевые слова: буровые динамические органы, ударное разрушение, горизонтальные скважины, мелкий скол, горизонтальные скважины.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Скрипка В.Л., Минязева Л.Х. Планетарные породоразрушающие органы и проходка горизонтальных скважин. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2022;64(5):86—93. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-86-93>

Статья поступила в редакцию 22.08.2022

Принята к публикации 12.12.2022

Опубликована 19.12.2022

* Автор, ответственный за переписку

PLANETARY ROCK-BREAKING BODIES AND HORIZONTAL DRILLING

VITALY L. SKRIPKA¹, LOUISA H. MINYAZEVA^{2,*}

¹ National University of Oil and Gas "Gubkin University"
65, bld. 1, ave. Leninsky, Moscow 119991, Russia

² Bauman Moscow State Technical University
5, bld.4, 2nd Bauman str., Moscow 105005, Russia

ABSTRACT

Background. The article considers one of the variants of the original planetary drilling organ, in which used multiple impacts on the mass to be destroyed. This makes it possible to improve the methods of sinking inclined and horizontal wells by significantly reducing the required feed force and reducing the energy intensity of bottom hole destruction

Aim. To investigate drilling methods and tools, which can be used to significantly reduce the radius of changes in drilling direction when creating inclined and horizontal wellbores.

Materials and methods. An analysis of patent information and its experimental verification under laboratory conditions.

Results. The main advantage of the analyzed drilling bodies is associated with their rock-breaking ability due to multiple shock pulses directed at an angle to the face surface. This allows the energy intensity of fracture and the required feed force in the axial direction to be significantly reduced, thus providing for larger wellbore diameters. A reduction in the axial length of the drilling body leads to a decrease in the radius of changes in drilling direction, thereby contributing to improved technologies of wellbore drilling, in particular, when creating horizontal wellbores.

Conclusion. Planetary rock-breaking bodies implement quasi-dynamic rock destruction by multiple shock pulses and spalling off rock pieces from an automatically formed wavy face surface. On this basis, modern technologies of drilling inclined and horizontal wellbores can be improved.

Keywords: dynamic drilling bodies, pulse destruction, horizontal wellbores, spalling, horizontal wellbores

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

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

For citation: Skripka V.L., Minyazeva L.H. Planetary rock-breaking bodies and horizontal drilling. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2022;64(5):86—93. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-86-93>

Manuscript received 22 August 2022

Accepted 12 December 2022

Published 19 December 2022

* Corresponding author

Каждый из применяемых в настоящее время традиционных механических способов бурения (резание, шарошечное и ударное разрушение) во многом исчерпал свои возможности к радикальному улучшению технических характеристик породоразрушающего инструмента. Вместе с тем именно характеристики породоразрушающего инструмента во многом определяют функциональные и эксплуатационные возможности конкретной технологии проходки скважин [1, 9]. Поэтому буровые инструменты, реализующие

нестандартные конструктивные решения механического разрушения забоя, могут создавать предпосылки для новых технологий бурения скважин.

В настоящей статье рассмотрены особенности и перспективы применения для проходки горизонтальных скважин динамического планетарного породоразрушающего органа, реализующего метод мелкого скола с поверхности забоя множественными ударными импульсами.

Попытки реализации метода планетарного движения породоразрушающих режущих

элементов были предприняты в середине XX века. Сущность метода заключается в «быстром» вращении породоразрушающих элементов вокруг оси, перпендикулярной оси скважины, и одновременном «медленном» вращении вокруг оси скважины. При этом автоматически образуется волнистая поверхность забоя, на которой за счет переносного движения срезаются «миницелики» («гребешки»), остающиеся на этой поверхности, т.е. осуществляется квазидинамическое разрушение забоя (рис. 1).

Преимуществом таких органов являются пониженная энергоемкость разрушения и резкое снижение необходимого осевого усилия подачи на забой. Однако распространения эти органы не получили, так как им были присущи следующие недостатки:

1) наличие забурника, накладывающее на весь орган ограничения, присущие способу резания пород, а также невозможность обработки забоя в направлении, перпендикулярном оси вращения забурника;

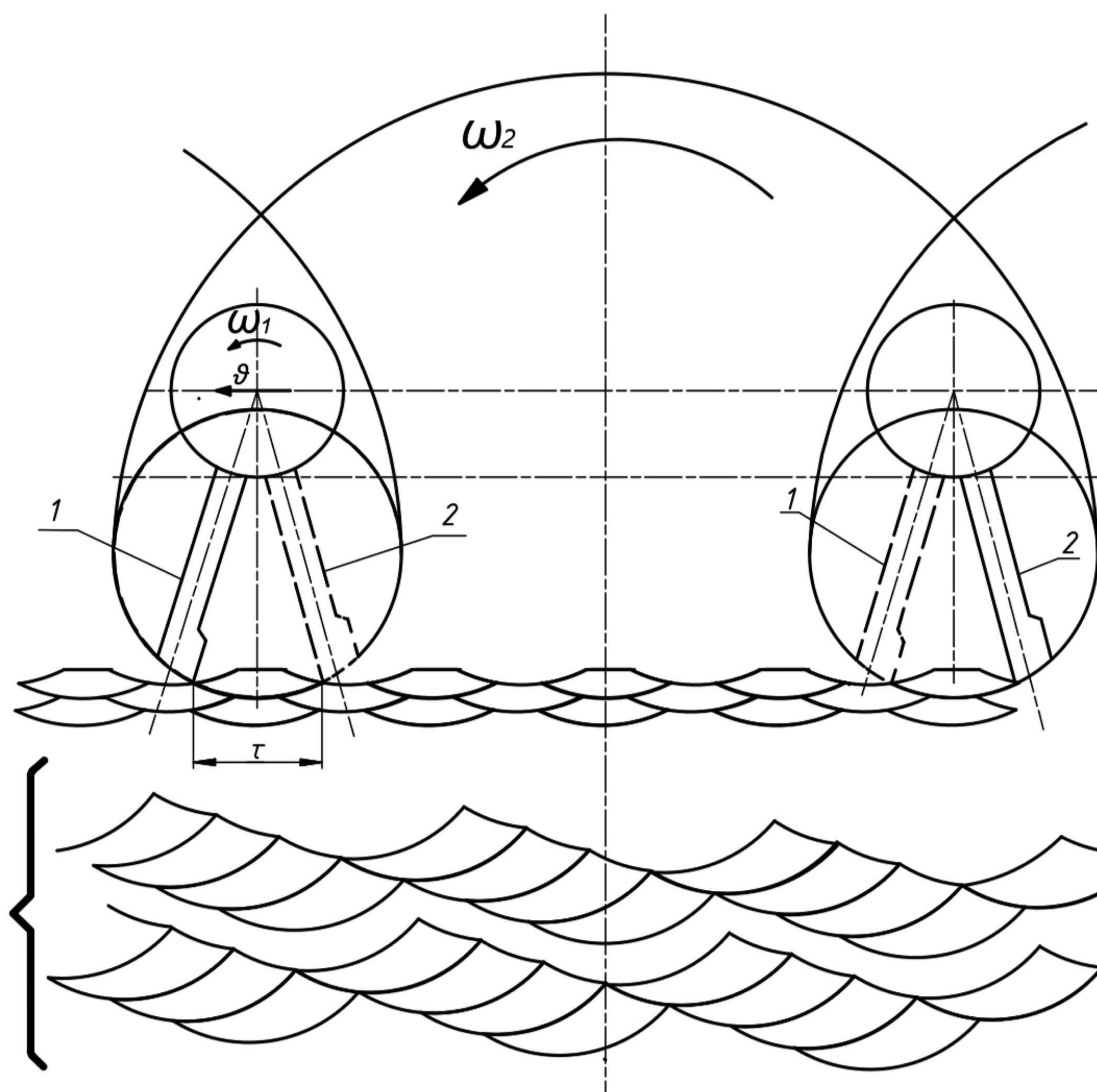


Рис. 1. Схема получения волнистой поверхности забоя и скола пород планетарным инструментом: 1 — породоразрушающий элемент в начале взаимодействия с породой; 2 — породоразрушающий элемент в конце взаимодействия с породой; τ — время взаимодействия с породой $\tau \approx (10...12)\% \cdot T$, где T — время одного полного оборота долота $\omega_2 \approx (7...8) \cdot \omega_1$

Fig. 1. Scheme of obtaining a wavy bottomhole surface and rock cleavage with a planetary tool: 1 — rock-destroying element at the beginning of interaction with the rock; 2 — rock-destroying element at the end of interaction with the rock; τ — the time of interaction with the rock $\tau \approx (10...12)\% \cdot T$, T — time of one full revolution of the bit $\omega_2 \approx (7...8) \cdot \omega_1$

2) ограничения на скорость взаимодействия породоразрушающих элементов с поверхностью забоя, так как в противном случае множественные силовые импульсы, передаваемые на трансмиссию, резко снижали долговечность последней;

3) относительно небольшая одновременно разрушаемая поверхность, что ограничивало производительность.

Материалы и методы

Ряд оригинальных технических решений [3—5, 8] и анализ механизма разрушения [12] позволил создать экспериментальный образец беззабурникового, планетарного породоразрушающего инструмента с креплением зубков на подпружиненных ударных молотках, принцип действия которого представлен на рисунке 2, а его общий вид приведен на рисунке 3. Особенностью планетарного органа является то, что процесс разрушения породы осуществляется инерционными силами торможения ударных молотков, а потерянная ими кинетическая энергия в зоне разрушения восстанавливается, что демонстрирует рисунок 2.

Планетарные органы могут приводиться в движение как от механической передачи, так и выполняться со встроенными электро-гидро-пневмо- и другими двигателями. Планетарный инструмент успешно опробован в производственных условиях.

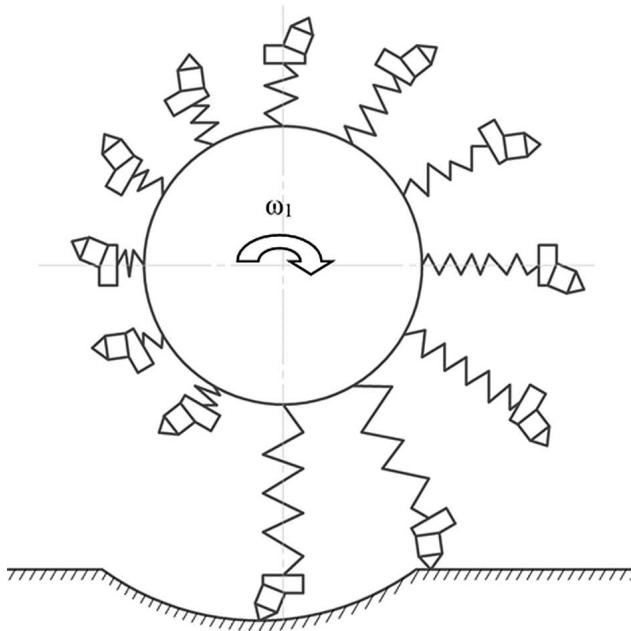


Рис. 2. Схема взаимодействия планетарного органа с ударными молотками с разрушаемой породой
Fig. 2. Scheme of the interaction of the planetary organ with impact hammers with destructible rock

Его конструкция базируется на многолетнем положительном опыте эксплуатации проходческих машин типа ППГ, предназначенных для проведения на угольных шахтах восстающих горных выработок диаметром 800 мм [7]. Следует отметить, что попытки создания планетарных породоразрушающих органов для бурения неоднократно предпринимались на основе использования для «резания» забоя алмазного инструмента [6]. Однако такие органы не нашли широкого применения из-за очень высоких требований к «точности» регулирования подачи инструмента на забой.

Предлагаемый вариант планетарного органа был апробирован в стендовых условиях. Экспериментальным образцом было проведено бурение трех «отверстий» диаметром 340 мм в блоке песчаника ($\delta_{сж} = 80$ МПа) размером $\sim 2,0 \times 1,4 \times 1,4$ м. Необходимое усилие подачи при этом не превышало 1,5 кН, установленная мощность привода станда — 18 кВт, время бурения отверстия одного «отверстия» составило ~ 2 мин.

Результаты

Качественный анализ сделанных предложений и апробация экспериментального образца показали, что пиковое значение породоразрушающей силы может превосходить центробежную в 12—15 раз, чего достаточно для разрушения поверхности забоя. Величина скорости породоразрушающих «молотков» при этом ограничивается только

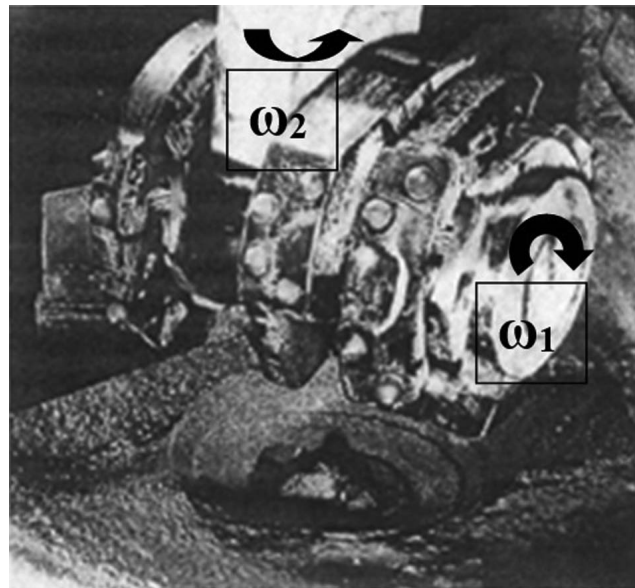


Рис. 3. Экспериментальный образец динамического плана породоразрушающего органа
Fig. 3. Experimental sample of the dynamic plan of the rock cutting tool

ударной стойкостью породоразрушающих элементов. В настоящее время имеется ряд твердых сплавов, которые способны выдержать без разрушения возникающие ударные нагрузки при скоростях взаимодействия до 15 м/с. При этом энергия удара одного «молотка» при взаимодействии с породой может составлять до 300 Дж, время взаимодействия «молотка» с породой — миллисекунды, частота ударов по линии одной коронки — до 30 Гц, а их шаг — 15—20 мм, что согласуется с параметрами, необходимыми для эффективного разрушения самых разнообразных пород и исключения нежелательных эффектов, связанных с дополнительными энергетическими затратами при скоростном нагружении. Необходимая величина усилия подачи в планетарном органе не превышает величины центробежной силы, действующей на все ударные молотки, находящиеся в зоне разрушения.

К потенциальным преимуществам планетарного разрушающего органа в сравнении с традиционными можно отнести:

- 1) значительно меньшая энергоемкость разрушения (в 2—2,5 раза);
- 2) многократное уменьшение усилия подачи на забой (~ 10 раз);
- 3) отсутствие забурника, т.к. рациональное расположение рядов «молотков» позволяет разрушать «целик» в центре забоя;
- 4) применение в существующих буровых установках без их существенной переделки;
- 5) реализация более современных технологий бурения.

Указанные преимущества во многом достигаются за счет перехода работы породоразрушающих элементов из квазистатического режима разрушения забоя в импульсный.

В настоящее время одной из прогрессивных скважинных технологий разведки и добычи полезных ископаемых является проведение наклонных горизонтальных и разветвленных скважин в продуктивных зонах. Поэтому любые технические новшества, позволяющие удешевить и упростить, а в некоторых случаях качественно улучшить существующие технологии проведения горизонтальных скважин, представляются целесообразными. Использование в указанных технологиях предлагаемого бурового инструмента позволит резко уменьшить длину бурового снаряда и увеличить диаметр скважины в продуктивной зоне, реализовать в некоторых случаях многоручевое горизонтальное бурение из одной вертикальной скважины увеличенного диаметра. Все эти мероприятия позволят снизить себестоимость бурения и реализовать

новые, а также улучшить старые технологии по более полному извлечению полезных ископаемых.

Вследствие того что при бурении динамическим планетарным органом осевое усилие подачи и необходимый вращающий момент значительно меньше, чем при использовании любых других механических буровых инструментов, использование этого органа позволяет создать малогабаритный вращающе-подающий механизм (ВПМ), который может располагаться в скважине и обеспечивать все основные функциональные процессы при бурении. Это позволит упростить технологию проведения горизонтальных скважин, увеличить их диаметр и протяженность и уменьшить нагрузку на буровой став [10].

Наиболее рациональной для выполнения указанных целей является схема веерного бурения горизонтальных скважин из вертикальных скважин увеличенного диаметра («колодца»). Как сам «колодец», так и горизонтальные «лучевые» скважины могут проводиться в породах планетарными органами. Однако основным вопросом проведения горизонтальных скважин по предложенной схеме является создание надежного ВПМ, который располагался бы в «колодце» и обеспечивал необходимые технологические операции. На рисунках 4 и 5 представлены два из многих возможных вариантов реализации ВПМ для бурения горизонтальных скважин с помощью планетарных органов.

Наиболее простым является вариант, приведенный на рисунке 4, с приводом органа с помощью гибкого вала. В этом случае передача необходимой для работы органа мощности в 10—15 кВт при частоте вращения гибкого вала несколько сотен оборотов в минуту не представляет технических проблем. Учитывая также, что необходимое осевое усилие подачи в этом случае составляет менее 2 кН, проведение горизонтальной скважины в продуктивном слое представляется возможным. Однако при использовании гибкого вала имеются серьезные технические трудности по транспортировке отбитой горной массы, подаче бурового раствора или воздуха к забою, предотвращению «провисания» става и его волочению по стенке скважины и т.п. Поэтому длина горизонтальной скважины в рассматриваемом случае будет составлять всего несколько метров и эффективность такого бурения будет ограничена. Вместе с тем простота реализации, малое вспомогательное время, сохранение инструмента и т.д. делают целесообразным использование этого варианта.

Вариант реализации ВПМ с погружным контейнером представлен на рисунке 5. В этом случае ВПМ

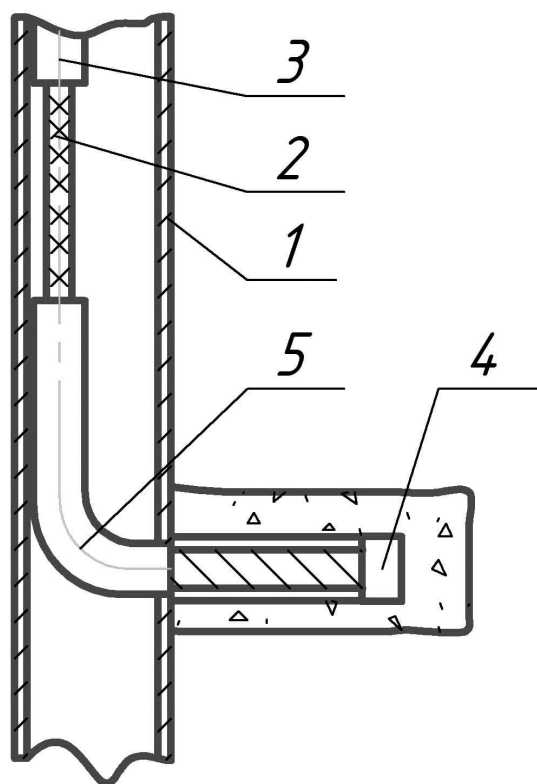


Рис. 4. Один из возможных вариантов реализации ВПМ: 1 — скважина, 2 — гибкий вал, 3 — приводной вал, 4 — рабочий орган, 5 — направляющее устройство

Fig. 4. One of the possible implementation options rotating-feeding mechanism: 1 — well, 2 — flexible shaft, 3 — drive shaft, 4 — working body, 5 — guiding device

имеет гидравлический привод, получающий рабочую жидкость, и управление с поверхности. Короткие буровые штанги подаются к ВПМ в контейнере специальной конструкции и последовательно наращивают буровой став. Контейнер при этом может использоваться как бункер для приема отбитой горной массы. Основным недостатком данной схемы является значительное вспомогательное время при наращивании штанг. Для уменьшения влияния этого недостатка возможно использование ВПМ с манипулятором. В этом случае длина штанг может быть увеличена в 1,5—1,7 раза, что сократит, соответственно, вспомогательное время. Штанги могут выполняться в виде шнеков, перфорированными, с «фонарями» и т.д. Это снимает большинство недостатков технологического применения гибкого вала. Поэтому длина горизонтальных скважин во втором и третьем вариантах может быть увеличена на порядок в сравнении с вариантом применения гибкого вала. Учитывая, что диаметр горизонтальных скважин в предлагаемых вариантах бурения может быть

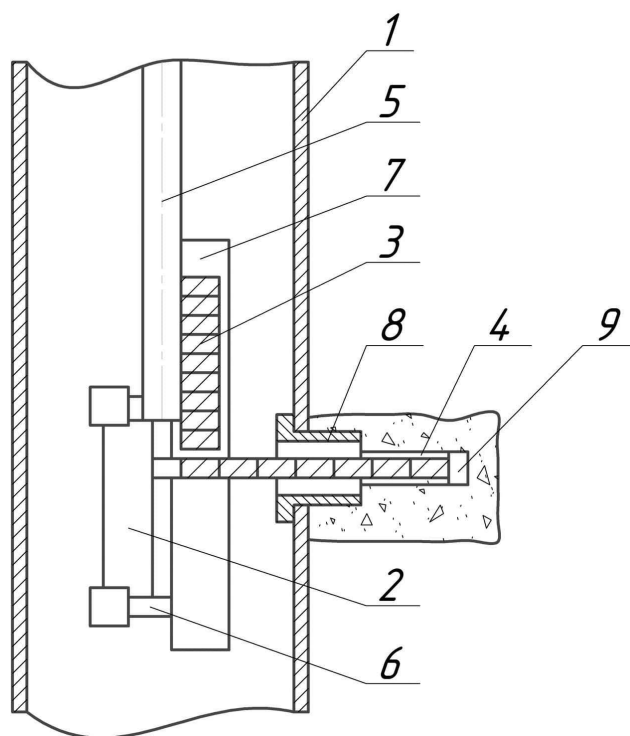


Рис. 5. Вариант реализации ВПМ с погружным контейнером: 1 — скважина, 2 — вращательно подающий механизм, 3 — контейнер, 4 — электродвигатель бурового става, 5 — став труб, 6 — механизм закрепления, 7 — короб, 8 — кондуктор, 9 — рабочий орган

Fig. 5. A variant of the implementation of the rotating-feeding mechanism with a submersible container: 1 — well, 2 — rotary feeder, 3 — container, 4 — drilling string motor, 5 — pipe string, 6 — fixing mechanism, 7 — box, 8 — conductor, 9 — working body

увеличен и из одного «колодца» возможно бурить несколько горизонтальных скважин в различных направлениях, то отдача добываемого продукта может быть существенно повышена.

Обсуждение результатов

Ударное разрушение породы, как правило, имеет значительно меньшую энергоёмкость в сравнении с другими механическими способами [2, 11]. Поэтому в случае использования погружных винтовых или турбодвигателей будет требоваться их уменьшенная мощность, а следовательно, и уменьшенные габариты в сравнении, например, с шарочным бурением.

Значительное снижение необходимого осевого усилия для разрушения забоя повысит долговечность опор качения инструмента и создаст предпосылки для более «гибкого» управления изменением направления бурения. Кинематика движения

породоразрушающего элемента при его выходе в свободное пространство после его взаимодействия с породой обеспечивает «квазишарообразную» форму забоя, плавно сопрягаемую со стенкой скважины, что способствует повышению ее устойчивости. Таким образом, планетарный динамический орган может расширить потенциальные возможности технологии специального бурения.

Заключение

Основными факторами эффективности бурения горизонтальных скважин с помощью плане-

тарных органов является кратное сокращение общей длины скважин и удешевление их проведения в сравнении с наклонным бурением, а также увеличение их диаметра в продуктивной зоне. Использование планетарных породоразрушающих органов, реализующих квазидинамическое разрушение множественными ударными импульсами массива путем мелкого скола породы с автоматически формируемой волнистой поверхности забоя, создает предпосылки для совершенствования технологии бурения наклонных и горизонтальных скважин.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Архангельский А.С., Чугунихин С.И.* Проходческий комбайн Гуменника. М.: Углетехиздат, 1955. 57 с.
2. *Арцимович Г.В.* Механо-физические основы создания породоразрушающего бурового инструмента. Новосибирск: Наука, 1985. 226 с.
3. А.с. 1756474 СССР, МПК E02F5/18. Устройство для бурения скважин / Г.С. Киракосьян, В.Л. Скрипка, В.П. Кузнецов (СССР). — № 4844806; заявл. 29.06.90; опубл. 23.08.92. Бюл. № 31. 2 с.
4. А.с. 1756475 СССР, МПК E02F5/18. Способ бурения скважин / В.С. Ситов, В.Л. Скрипка, В.Ф. Шубочкина (СССР). — № 4844807; заявл. 29.06.90; опубл. 23.08.92. Бюл. № 31. 2 с.
5. А.с. 1756476 СССР, МПК E02F5/18. Устройство для бурения скважин / Б.М. Качалин, В.П. Кузнецов, В.С. Ситов, В.Л. Скрипка (СССР). — № 4844808; заявл. 29.06.90; опубл. 23.08.92. Бюл. № 31. 2 с.
6. *Давиденко А.Н., Кожевников А.А., Хоменко В.Л., Судаков А.К.* Планетарная конструкция долот безударного действия // Горное оборудование и электромеханика. 2008. № 6. С. 49—52.
7. *Карташов Ю.М.* Новый планетарный исполнительный орган проходного комбайна // Горное оборудование и электромеханика. 2008. № 10. С. 33—37.
8. Пат. 2081291 Российская Федерация, МПК E21B10/00, E21B3/00. Устройство для бурения скважин / Скрипка В.Л., Скрипка Р.В.; заявитель и патентообладатель Скрипка В.Л., Скрипка Р.В. — № 93057151/03; заявл. 23.12.93; опубл. 10.06.97. Бюл. № 16. 3 с.
9. *Симонянц Л.Е.* Разрушение горных пород и рациональная характеристика двигателей для бурения. М.: Недра, 1966. 227 с.
10. *Юнин Е.К., Хегай В.К.* Динамика глубокого бурения. М.: Недра, 2004. 286 с.
11. *Abu Bakar, M.Z., Butt, I.A., Majeed, Y.* Penetration Rate and Specific Energy Prediction of Rotary-Percussive Drills Using Drill Cuttings and Engineering Properties of Selected Rock Units // Journal of Mining Science. 2018. V. 54. No. 2. P. 270—284.
12. *Liu W., Zhu X., Li B.* The rock breaking mechanism analysis of rotary percussive cutting by single PDC cutter // Arabian Journal of Geosciences. 2018. V. 11. № 9. P. 1—11.

REFERENCES

1. Arkhangelsky A.S., Chugunikhin S.I. Heading machine Gumennik. Moscow: Ugletekhizdat, 1955. 57 p.
2. Artsimovich G.V. Mechano-physical foundations of creating rock-breaking drilling tools. Novosibirsk: Nauka, 1985. 226 p.
3. E.n. 1756474 USSR, E02F5 / 18. A device for drilling wells / G.S. Kirakosyan, V.L. Violin, V.P. Kuznetsov (USSR). — No. 4844806; declared 06/29/90; publ. 08/23/92. Bul. No. 31. 2 p.
4. E.n. 1756475 USSR, E02F5 / 18. Method of drilling wells / V.S. Sitov, V.L. Violin, V.F. Shubochkin (USSR). — No. 4844807; declared 06/29/90; publ. 08/23/92. Bul. No. 31. 2 p.
5. E.n. 1756476 USSR, E02F5 / 18. A device for drilling wells / B.M. Kachalin, V.P. Kuznetsov, V.S. Sitov, V.L. Violin (USSR). — No. 4844808; declared 06/29/90; publ. 08/23/92. Bul. No. 31. 2 p.
6. *Davidenko A.N., Kozhevnikov A.A., Khomenko V.L., Sudakov A.K.* Planetary design of bumpless bits // Mining equipment and electromechanics. 2008. No. 6. P. 49—52.
7. *Kartashov Yu.M.* New planetary executive body of the through-harvester // Mining equipment and electromechanics. 2008. No. 10. P. 33—37.
8. Pat. 2081291 Russian Federation, E21B10 / 00, E21B3 / 00. Well drilling device / Skripka V.L., Skripka R.V.; applicant and patentee Skripka V.L., Skripka R.V. — No. 93057151/03; declared 12/23/93; publ. 10.06.97. Bul. No. 16. 3 p.
9. *Simonyants L.Ye.* Destruction of rocks and rational characteristics of engines for drilling. Moscow: Nedra, 1966. 227 p.
10. *Yunin E.K., Khagai V.K.* Deep drilling dynamics. Moscow: Nedra, 2004. 286 p.
11. *Abu Bakar M.Z., Butt I.A., Majeed Y.* Penetration Rate and Specific Energy Prediction of

Rotary-Percussive Drills Using Drill Cuttings and Engineering Properties of Selected Rock Units // Journal of Mining Science. 2018. V. 54. No. 2. P. 270—284.

12. Liu W., Zhu X., Li B. The rock breaking mechanism analysis of rotary percussive cutting by single PDC cutter // Arabian Journal of Geosciences. 2018. V. 11. No. 9. P. 1—11.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Скрипка В.Л. — работая в Институте горного дела им. А.А. Скочинского и занимаясь конструированием проходческих машин бурового типа, собрал материал для статьи, разработал концепцию статьи, подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Миняева Л.Х. — разработала концепцию статьи, подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Vitaly L. Skripka — working at the A.A. Skochinsky Institute of Mining and engaged in the design of drilling machines, I collected material for the article, developed the concept of the article, prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

Louisa H. Minyazeva — 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

Скрипка Виталий Леонидович — кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации, сертификации и управления качеством производства нефтегазового оборудования ФГБОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина». 65, корп. 1, просп. Ленинский, г. Москва 119991, Россия
e-mail: vit.skripcka@yandex.ru
SPIN-код: 4776-8895
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8102-6637>

Vitaly L. Skripka — Cand. of Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Standardization, Certification and Quality Management of Oil and Gas Equipment Production, National University of Oil and Gas “Gubkin University”. 65, bld. 1, ave. Leninsky, Moscow 119991, Russia
e-mail: vit.skripcka@yandex.ru
SPIN-code: 4776-8895
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8102-6637>

Миняева Луиза Халисовна* — старший преподаватель кафедры «Метрология и взаимозаменяемость» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана». 5, стр. 4, ул. 2-я Бауманская, г. Москва 105005, Россия
e-mail: miluiza@yandex.ru
тел.: +7 (965) 238 -37-77
SPIN-код: 3254-5827
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9415-0867>

Louisa H. Minyazeva* — Senior Lecturer of the Department “Metrology and Interchangeability” the Bauman Moscow State Technical University. 5, bld.4, 2nd Bauman str., Moscow 105005, Russia
e-mail: miluiza@yandex.ru
тел.: +7 (965) 238-37-77
SPIN-code: 3254-5827
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9415-0867>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДОНБАССА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

С.М. ПОПОВ*, Э.А. ПОПОВА, И.Г. ТУМОЯН

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

АННОТАЦИЯ

Введение. Рассматриваются основные месторождения Донбасса и их минерально-сырьевой потенциал.

Цель. Разработка стратегии социально-экономического развития Донбасса в современных политических и экономических условиях с фокусом на использование и развитие человеческого потенциала и дальнейшую интеграцию с РФ, СНГ и дружественными странами зарубежья.

Материалы и методы. Комплексный подход, необходимый для определения контуров, направлений и этапов социально-экономического развития Донбасса.

Результаты. Выполнен анализ состояния минерально-сырьевой базы Донбасса. Установлены наиболее значимые для экономики Донбасса виды минерально-сырьевых ресурсов. Произведена оценка стоимости извлекаемых в Донбассе минеральных ресурсов, их востребованность на рынке. Выполнена оценка рейтинга значимости различных видов ресурсов для экономики Донбасса.

Заключение. Произведена укрупненная оценка потребности затрат, необходимых для восстановления минерально-сырьевой базы Донбасса. Установлены приоритетные для восстановления виды хозяйственной деятельности, базирующиеся на использовании минерально-сырьевых ресурсов Донбасса.

Ключевые слова: Донбасс, экономическая оценка, минерально-сырьевые ресурсы, рыночный спрос, восстановление

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 122122600057-6 «Стратегия социально-экономического развития Донбасса в новых политико-экономических условиях: вызовы и возможности»).

Для цитирования: Попов С.М., Попова Э.А., Тумоян И.Г. Экономическая оценка минерально-сырьевой базы Донбасса: состояние и перспективы. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2022;64(5):94—100. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-94-100>

Статья поступила в редакцию 22.11.2022

Принята к публикации 12.12.2022

Опубликована 19.12.2022

* Автор, ответственный за переписку

ECONOMIC ESTIMATION OF THE MINERAL RESOURCE BASE OF DONBASS: STATUS AND PROSPECTS

SERGEY M. POPOV*, ELINA A. POPOVA, ILIA G. TUMOIAN

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

ABSTRACT

Background. The main deposits of Donbass and their mineral resource potential are considered.

Aim. To develop a strategy for the socio-economic development of Donbass under contemporary political and economic conditions, with a focus on the development of human capital and further integration with the Russian Federation, CIS, and friendly countries.

Materials and methods. A multipronged approach was used to define the contours, directions, and stages of the socio-economic development of Donbass.

Results. The conducted analysis of the current state of the mineral resource base of Donbass revealed the most significant types of mineral resources for Donbass economy. An economic estimate of the cost of mineral resources extracted in Donbass and their market demand was obtained. Various types of resources were ranked in terms of their significance for Donbass economy.

Conclusion. An approach to an integrated assessment of the expenses associated with the restoration of the mineral resource base of Donbass is proposed. In this respect, priority directions of economic activities are established.

Keywords: Donbass, economic estimation, mineral resources, market demand, recovery

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

Funding: the research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 122122600057-6).

For citation: Popov S.M., Popova E.A., Tumoian I.G. Economic estimation of the mineral resource base of Donbass: status and prospects. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2022;64(5):94—100. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-94-100>

Manuscript received 22 November 2022

Accepted 12 December 2022

Published 19 December 2022

* Corresponding author

Донбасс — исторически сложившийся регион, расположенный на возвышенности на юге Восточно-Европейской равнины.

Как промышленный регион Донбасс включает Донецкую область, север Днепропетровской, юг Луганской областей и запад Ростовской области России.

Донбасс занимает площадь свыше 60 тыс. кв. км, протянувшись с запада на восток на 160 км и с юга на север на 380 км между рекой Северский Донец и Азовским морем.

В пределах территории Донбасса колоссальные по объему запасы каменных углей, а также комплекс локальных месторождений нерудного сырья, в состав которых входят месторождения

доломитов, флюсового известняка, огнеупорных глин, формовочного песка и других (рис.).

Для различных видов хозяйственной деятельности в настоящее время наибольшую значимость могут представлять следующие виды минерально-сырьевых ресурсов Донбасса.

Месторождения каменных углей. В настоящее время суммарные запасы угля до глубины 1800 м составляют 140,8 млрд тонн, из них отвечающих требованиям по мощности пластов и зольности 108,5 млрд тонн [2].

Разведанные и разрабатываемые запасы угля составляют 57,5 млрд тонн, в перспективе заложено освоить еще 18,3 млрд тонн.

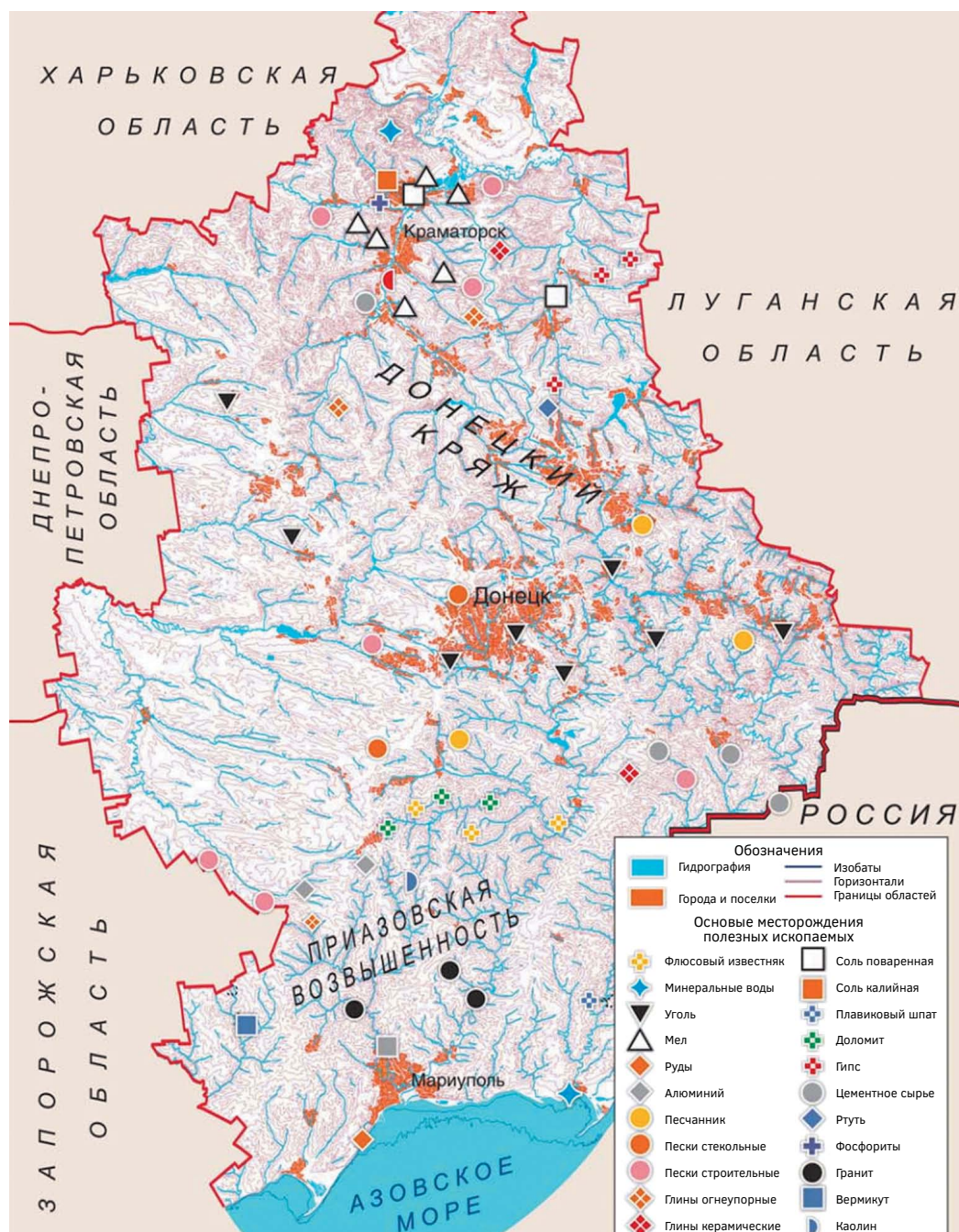


Рис. Схема расположения месторождений минерально-сырьевых ресурсов в Донбассе [5]
Fig. The layout of mineral resources deposits in the Donbass [5]

Современные потребности рынков в углях Донбасса могут быть удовлетворены на период 100 и более лет [7].

Месторождения металлургических доломитов. Еленовское месторождение флюсовых известняков и доломитов. Объем запасов флюсовых известняков и доломитов в нем составляет около 108,9 млн тонн.

Новотроицкое месторождение металлургических известняков и доломита. Промышленные запасы в горном отводе порядка 200 млн тонн.

Никитовское и Ямское месторождения флюсового известняка. Запасы доломитов составляют порядка 145 млн тонн, доломитизированных известняков — 305 млн тонн [4]. Добыча известняка и доломита для металлургической

промышленности из приведенных выше месторождений позволяет обеспечить потребности рынка на период более 10 лет.

Месторождения огнеупорных глин. Крупнейшим из них является Часово-Ярское месторождение огнеупорных глин [6]. Оно уникально по запасам высококачественных глин — 35,5 млн тонн. Добыча огнеупорных глин из него позволит обеспечить потребности рынка на длительный период.

Месторождение ртути. Наиболее крупным из них является Никитовское сурьмяно-ртутное месторождение. Объем запасов руд порядка 100 тыс. тонн [3]. Добыча ртутных руд из него позволит обеспечить потребности рынка в ртути на длительное время (несколько десятилетий).

Месторождения каменной соли. Славянско-Артемовские бассейны находятся в Донецкой области и составляют лишь небольшую часть крупного соляного бассейна [1]. Запасы каменной соли составляют миллиарды тонн.

Подземным способом разрабатываются Артемовское и Новокарфагенское месторождения. Добыча каменной соли из приведенных выше месторождений позволит обеспечить потребности рынка на длительное время.

Месторождения мела и мергеля. Крупные месторождения цементного сырья — Амвросиевское и Краматорское. Амвросиевские запасы мергеля — одни из крупнейших в мире. На местном сырье в области работают шесть цементных заводов общей мощностью 3,8 млн тонн в год. Запасы цементного сырья вообще составляют около 556 млн тонн.

Объемы производства сырья для цементной промышленности из приведенных выше месторождений позволяют удовлетворить потребности рынка на длительное время.

Месторождения глин для производства известняковых, гипсовых и местных вяжущих материалов — славянские, артемовские и горловские предприятия по производству изделий из глин. Объемы добычи глин для промышленности из приведенных выше месторождений позволяют обеспечить потребности рынка на длительное время.

Месторождения песка для стекольной промышленности. Сырьем для стекольных заводов являются высококачественные белые кварцевые пески, которые добываются на крупнейшем в нашей стране Авдеевском (песок вывозится и за пределы Донбасса) месторождении [5]. Объем запасов кварцевого песка для стекольной промышленности в Донецкой области составляет 28,5 млн тонн.

Объемы добычи песка для стекольной промышленности из приведенных выше месторождений позволяют обеспечить потребности рынка на длительное время.

Оценка стоимости извлекаемых запасов по типам минеральных ресурсов

Выполненная оценка стоимости извлекаемых запасов минерально-сырьевых ресурсов Донбасса позволила установить их стоимость по каждому из установленных выше наиболее значимых ресурсов. Результаты произведенных оценок представлены в таблице.

Выполненная оценка стоимости извлекаемых запасов позволила установить их долю в суммарной стоимости извлекаемых запасов, на основании которой для каждого из приведенных ресурсов определен коэффициент (рейтинг) доходности для экономики Донбасса.

Оценка потребности во вложениях в развитие и восстановление минерально-сырьевой базы Донбасса

Донецкой и Луганской областям за время боевых действий в апреле — сентябре 2014 года был нанесен существенный экономический ущерб.

С началом конфликта в 2014 году в Донбассе закрылось 69 из 93 шахт.

За период с 2014 по 2022 год производственная инфраструктура угольных шахт, карьеров, предприятий по обогащению и переработке минерального сырья в значительной степени утратила свою изначальную работоспособность. Большинство закрытых шахт затоплены, горные выработки, коммуникации разрушены или повреждены.

Поскольку горно-производственный потенциал Донбасса с 1990 по 2014 год не развивался, то состояние его научно-технического уровня соответствует периоду 1980-х годов. Более того, с началом конфликта 2014 года горно-производственный потенциал подвергся разрушению.

Поэтому все действующие 24 шахты нуждаются в глубокой модернизации, обновлении горно-шахтного оборудования. 69 закрытых шахт могут быть восстановлены или заменены на новые при условии рентабельности доработки оставшихся участков их шахтных полей.

На неугольных предприятиях минерально-сырьевого комплекса (карьерах, обогащательных фабриках, предприятиях по переработке минерального сырья) необходимо провести переоснащение горнодобывающей, транспортной, обогащательной техники и оборудования.

Таблица. Оценка рейтинга доходности извлечения минерально-сырьевых ресурсов Донбасса
Table. Assessment of the profitability rating of extraction of mineral resources of Donbass

Вид добываемого минерально-сырьевого ресурса Донбасса	Годовая стоимость извлекаемых ресурсов, млн руб.	Коэффициент (рейтинга) доходности Донбасса, доли ед.
Пески для стекольной промышленности	1350	0,007
Глины	100	0,0005
Мергель	32 300	0,174
Уголь	107 000	0,575
Доломиты	530	0,003
Известняк	1450	0,008
Ртуть	282	0,002
Каменная соль	4320	0,232

В текущий период времени оценить объем необходимых вложений в развитие и восстановление минерально-сырьевой базы представляется затруднительным. В то же время укрупненную оценку можно дать на основе усреднения оценок экспертов (специалистов) в области горнопромышленного производства.

Наиболее емкие затраты на восстановление минерально-сырьевой базы Донбасса сопряжены с необходимостью модернизации (до 1—2 млрд руб. на шахту) или восстановления (до 3—5 млрд руб. на шахту) шахтного фонда.

Затраты на восстановление (модернизацию) соляных шахт (по сравнению с угольными шахтами) в полтора-два раза меньше.

Затраты на восстановление карьеров сопряжены с необходимостью модернизации (замены) карьерной техники, то есть в пределах 0,5 млрд руб.

Таким образом на полное восстановление и развитие минерально-сырьевой базы Донбасса (только по приведенным в отчете видам минеральных ресурсов) по самым укрупненным оценкам может потребоваться порядка 250 и более млрд руб.

Заключение

В результате выполненных исследований получены следующие результаты.

1. Произведена оценка объема наиболее значимой минерально-сырьевой базы на территории Донбасса. Выполнено распределение месторождений по видам полезных ископаемых, объему ресурсов и уровню извлекаемости их запасов.

2. Выполнена аналитическая оценка наиболее значимых видов минеральных ресурсов по востребованности на российском и международном рынках.

3. Произведена оценка стоимости извлекаемых запасов наиболее значимых видов минеральных ресурсов с учетом приемлемости себестоимости их добычи. Выполнена оценка рейтинга извлекаемости наиболее экономически значимых видов минеральных ресурсов Донбасса. В соответствии с рейтингом в настоящее время наиболее значимым ресурсом является каменный уголь (0,575 рейтингового пункта). Вторым по значимости — каменная соль (0,232 рейтингового пункта). Третьим — мергель (0,174 рейтингового пункта). Рейтинги остальных минеральных ресурсов Донбасса более чем в 50 раз ниже рейтинга каменных углей.

4. В результате проведенных исследований произведена укрупненная оценка потребности затрат на восстановление минерально-сырьевой базы Донбасса. Определено, что на полное восстановление и развитие минерально-сырьевой базы Донбасса (только по приведенным в отчете видам минеральных ресурсов) по самым укрупненным оценкам может потребоваться порядка 250 и более млрд руб. При этом наиболее эффективным вложением средств на восстановление (развитие) предприятий минерально-сырьевого комплекса Донбасса являются предприятия по добыче мергеля. На втором месте по критерию эффективности вложения средств находятся угольные шахты. На третьем — предприятия по добыче каменной соли.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Артемсоль» возвращается на российский рынок // Архивная копия от 21 августа 2016 на Wayback Machine. URL: <https://informatio.ru> (дата обращения 12.12.2022).
2. Большая российская энциклопедия — электронная версия. URL: <https://bigenc.ru/> (дата обращения 12.12.2022).
3. Компания ООО «Никитртуть». URL: <https://nikrk.com> (дата обращения 12.12.2022).
4. Часов Яр // Большой энциклопедический словарь (в 2-х тт.). Т. 2. М.: «Советская энциклопедия», 1991.
5. <https://2cad.ru/blog/minerals/donetskaya-oblast> (дата обращения: 12.12.2022).
6. <https://www.activestudy.info/poleznye-iskopaemye-donbassa/?ysclid=lb9hq2fbrp721235675> (дата обращения: 12.12.2022).
7. <https://yandex.ru/images/search?pos=0&img> (дата обращения: 12.12.2022).

REFERENCES

1. "Artemsol" returns to the Russian market. Archive copy of August 21, 2016 on Wayback Machine. URL: <https://informatio.ru> (accessed 12.12.2022).
2. The Great Russian Encyclopedia — electronic version. URL: <https://bigenc.ru/> (accessed 12.12.2022).
3. The company LLC "Nikitrut" URL: <https://nikrk.com> (accessed 12.12.2022).
4. Chas Yar // Big encyclopedic dictionary (in 2 volumes). Vol. 2. Moscow: "Soviet Encyclopedia", 1991.
5. <https://2cad.ru/blog/minerals/donetskaya-oblast> (accessed 12.12.2022).
6. <https://www.activestudy.info/poleznye-iskopaemye-donbassa/?ysclid=lb9hq2fbrp721235675> (accessed 12.12.2022).
7. <https://yandex.ru/images/search?pos=0&img> (accessed 12.12.2022).

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHORS CONTRIBUTIONS

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

Попова Э.А. — разработала концепцию статьи, подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Тумоян И.Г. — подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Sergey M. Popov — developed the concept of the article, prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

Elina A. Popova — developed the concept of the article, prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

Ilia G. Tumoian — prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ/ INFORMATION ABOUT AUTHORS

Попов Сергей Михайлович* — доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики минерально-сырьевого комплекса ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия e-mail: popovsm@mgri.ru
SPIN-код: 3091-8626

Sergey M. Popov* — Dr. of Sci. (Econ.), Professor, Head of the Department of Economics of the Mineral Resource Complex of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia e-mail: popovsm@mgri.ru
SPIN-code: 3091-8626

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

Попова Элина Аркадьевна — кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики минерально-сырьевого комплекса ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: popovaea@mgri.ru
SPIN-код: 2851-3918

Elina A. Popova — Cand. of Sci. (Econ.), Associate Professor of the Department of Economics of the Mineral Resource Complex of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
e-mail: popovaea@mgri.ru
SPIN-code: 2851-3918

Тумоян Илья Григорьевич – техник кафедры экономики минерально-сырьевого комплекса ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: proximo2017@mail.ru

Ilia G. Tumoian — Technician of the Department of Economics of the Mineral Resource Complex of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
e-mail: proximo2017@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

