



ОПТИМАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС И НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ГРР В АКВАТОРИИ ОХОТСКОГО МОРЯ

А.К. ШАТЫРОВ

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

АННОТАЦИЯ

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

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

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

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

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

Ключевые слова: перспективный участок, ГАУС, углеводород, НГМТ

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

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

Статья поступила в редакцию 22.06.23

Принята к публикации 01.10.23

Опубликована 31.10.2023

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

ANAR K. SHATYROV

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

ABSTRACT

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Manuscript received 22 June 2023

Accepted 01 October 2023

Published 31 October 2023

Для снижения геологических рисков рекомендуется:

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

волновых полей, использования материалов детального изучения потенциальных полей;

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

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

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

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

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

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

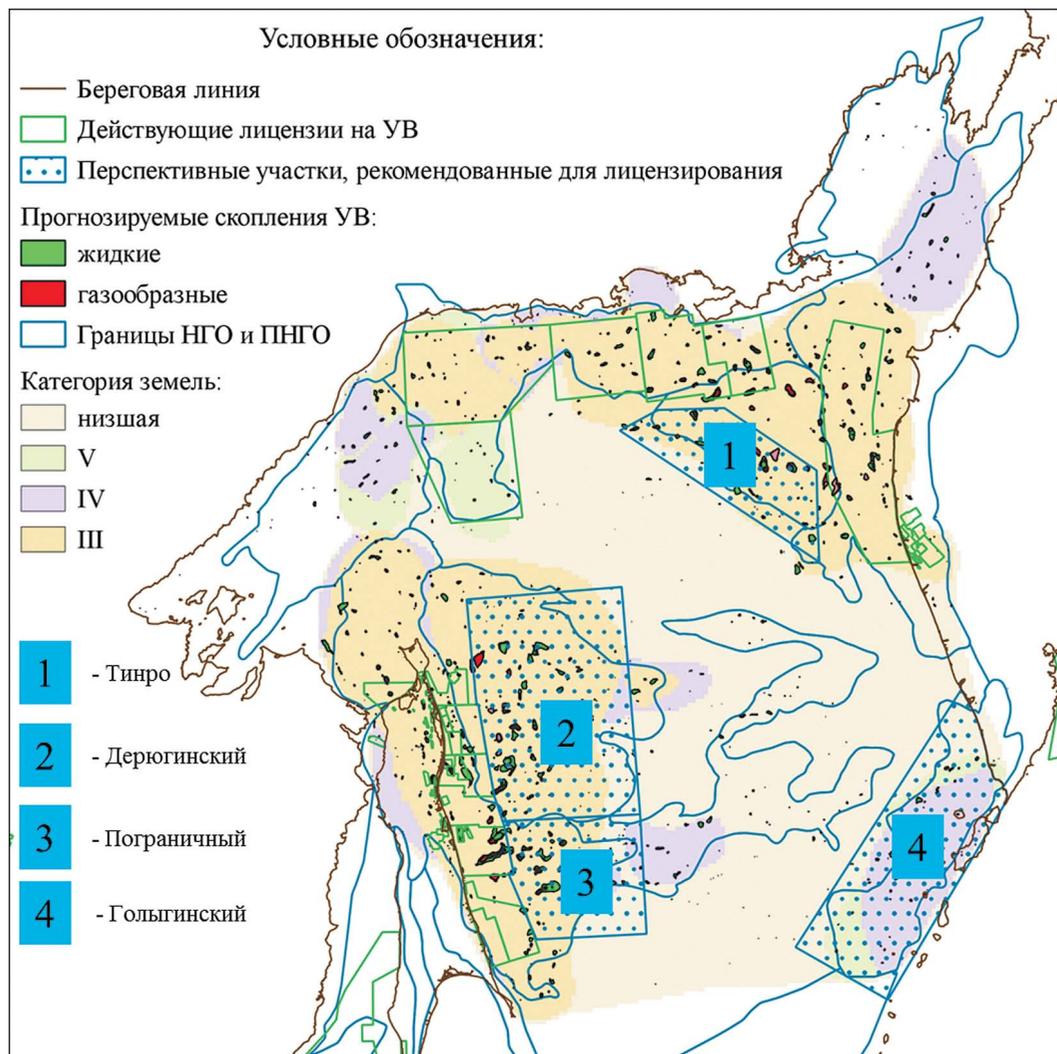


Рис. 1. Схема расположения перспективных участков Охотского моря
Fig. 1. Layout of promising areas of the Sea of Okhotsk

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ЛИТЕРАТУРА

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

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

REFERENCES

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

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

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

ВКЛАД АВТОРА / AUTHOR CONTRIBUTIONS

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

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

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

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

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