

Систематизация мегарезервуарных скоплений нефти и газа в осадочной толще

Пуананова С.А., Самойлова А.В.

Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва, Россия
punanova@mail.ru

Аннотация

В статье на основе анализа и обобщения фактического материала проведена систематизация представлений о формировании мегарезервуаров нефти и газа в осадочном чехле нефтегазоносных бассейнов России и мира. Это скопления углеводородов, аккумулирующие крупные запасы как в традиционных коллекторах, так и в коллекторах нетрадиционных низкопоровых сланцевых формаций, в коллекторах с трудноизвлекаемыми запасами сверхвязких нефтей и залежами природных битумов, а также в резервуарах разуплотненных выступов кристаллического фундамента.

Материалы и методы

База аналитических и научных данных по геолого-геохимическим особенностям скоплений углеводородов с гигантскими и уникальными запасами в различных нефтегазоносных бассейнах мира. Анализ и сопоставительная оценка качественных особенностей приуроченности масштабных скоплений УВ к определенным природным объектам.

Ключевые слова

мегарезервуары, месторождения нефти и газа, масштабность скоплений, коллекторы, сланцевые формации, выступы кристаллического фундамента

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания по теме: «Научно-методические основы поисков и разведки скоплений нефти и газа, приуроченных к мегарезервуарам осадочного чехла, 122022800253-3».

Для цитирования

Пуананова С.А., Самойлова А.В. Систематизация мегарезервуарных скоплений нефти и газа в осадочной толще // Экспозиция Нефть Газ. 2023. № 5. С. 16–19. DOI: 10.24412/2076-6785-2023-5-16-19

Поступила в редакцию: 31.07.2023

GEOLOGY

UDC 553.98 | Original Paper

Systematization of mega-reservoir accumulations of oil and gas in the sedimentary deposits

Punanova S.A., Samoilova A.V.

Oil and gas research institute Russian academy of sciences, Moscow, Russia
punanova@mail.ru

Abstract

Based on the analysis and generalization of factual material, the article systematizes ideas about the formation of oil and gas mega-reservoirs in the sedimentary cover of oil and gas basins in Russia and the world. These are accumulations of hydrocarbons that accumulate large reserves both in traditional reservoirs and in reservoirs of unconventional low-porous shale formations, in reservoirs with hard-to-recover reserves of extra-viscous oils and natural bitumen deposits, as well as in reservoirs of decompacted ledges of the crystalline basement.

Materials and methods

Analytical and scientific data base on the geological and geochemical features of hydrocarbon accumulations with gigantic and unique reserves in various oil and gas basins of the world. Analysis and comparative assessment of the qualitative features of the confinement of large-scale accumulations of hydrocarbons to certain natural objects.

Keywords

mega-reservoirs, oil and gas fields, scale of accumulations, reservoirs, shale formations, ledges of the crystalline basement

For citation

Punanova S.A., Samoilova A.V. Systematization of mega-reservoir accumulations of oil and gas in the sedimentary deposits. Exposition Oil Gas, 2023, issue 5, P. 16–19. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2023-5-16-19

Received: 31.07.2023

Введение

Переинтерпретация существующих воззрений и рекомендаций по основным направлениям развития нефтегазового комплекса страны, диверсификация и усложнение направлений и, следовательно, задач нефтегазовой геологии призваны

способствовать увеличению активной части ресурсного углеводородного (УВ) потенциала и воспроизводству минерально-сырьевой базы. Приоритетные направления — научный и практический подход к классификационным особенностям комбинированных ловушек в связи

с характеристиками нефтяных систем нефтегазоносных бассейнов (НГБ) и оценка научно-методических (геологических и геохимических) подходов к поискам мегарезервуаров с приуроченными к ним уникальными и гигантскими по запасам скоплениями нефти и газа.

Рядом исследователей, с учетом рекомендаций академика А.Э. Конторовича, предлагается усилить направления развития России за счет технологий поисков, разведки и разработки месторождений традиционной нефти и освоения залежей нетрадиционной нефти (сланцевая нефть, тяжелая нефть, природные битумы и др.). Такой системный подход к оценке перспектив нефтегазоносности регионов охватывает разведку и разработку глубоких горизонтов в традиционных коллекторах, в плохопроницаемых коллекторах с нетрадиционными ресурсами, нефть в фундаменте, морскую разведку и добычу на шельфе, а также сланцевые формации — сланцевые нефть и газ.

В настоящем исследовании на основе анализа существующих представлений и с использованием новых фактических материалов по проблеме формирования мегарезервуаров УВ в НГБ продолжены исследования по систематизации условий аккумуляции крупных и гигантских скоплений, уточнены и дополнены оценки геолого-геохимических факторов, связанные с их образованием и величиной масштаба скоплений УВ в породах-коллекторах разного генезиса — традиционных и нетрадиционных.

Результаты и обсуждение

Геологические объекты, содержащие крупные скопления углеводородов

Значение понятия мегарезервуара, вмещающего гигантские по запасам скопления УВ [1, 2], определяется как природная

емкость для нефти, газа и воды, соответствующая стратиграфическому объему их проницаемых комплексов, существование которой обусловлено соотношением коллектора с плохопроницаемыми породами, соответствует традиционным залежам с традиционными ловушками. Очевидно, что при включении в термин мегарезервуара более широкого спектра природных объектов его значение приобретает несколько иной смысл, чем локализованная залежь [3–5]. Это и нефтесборные площади, содержащие отложения, генерирующие УВ и их накапливающие (например, сланцевые формации), и отложения осадочного чехла, облегающие залежи в складчатых породах фундамента, и объемы нефтематеринских свит с высокими генерационными показателями и исходными УВ-скоплениями, приводящими при воздымании поверхности к образованию битумных песков и тяжелых высоковязких нефтей. Таким образом, по нашему мнению, мегарезервуары могут быть представлены УВ-скоплениями в различных природных геолого-геохимических средах, как в традиционных, так и в нетрадиционных коллекторах. В предыдущих исследованиях нами было подробно рассмотрены возможности скопления больших объемов нефти в различного типа мегарезервуарах [6–8]. В обобщенном сконцентрированном варианте выводы представлены на рисунке 1, на котором в форме схемы-модели приведены четыре вида традиционных и нетрадиционных скоплений, приуроченные к мегарезервуарам

осадочного чехла, даны графические примеры и некоторые характеристики.

Можно привести много примеров скоплений с гигантскими запасами УВ в традиционных коллекторах. Таковыми являются залежи ниже-среднеюрских, верхнеюрских и меловых отложений (верхний продуктивный нефтегазоносный комплекс) Надым-Пур-Тазовского междуречья северных регионов Западно-Сибирского НГБ, наиболее нами изученных в плане масштаба скоплений [7, 8].

Скопления битумных песков и тяжелых окисленных гипергеннопреобразованных высоковязких нефтей, представляющие, как правило, результат естественной деградации исходной традиционной нефти, являются промышленно ванадиеносными и рассматриваются как комплексное сырье добычи УВ и сопутствующих им металлов [9, 10].

Подобные мегарезервуары известны в Волго-Уральском (Республика Татарстан), Прикаспийском (Республика Казахстан) регионах, в Восточной Сибири, в Западно-Канадском, Восточно-Венесуэльском НГБ и других районах. В мировом масштабе запасы битума и тяжелой нефти оцениваются в 5,6 трлн баррелей в более чем 70 странах.

Сланцевые формации распространяются на обширных площадях, обладают высоким содержанием ОВ, высокими генерационными способностями при определенных стадиях катагенетического прогрева (нефтяное и газовое окно) и огромными ресурсами [11]. Подсчитанные нами коэффициенты

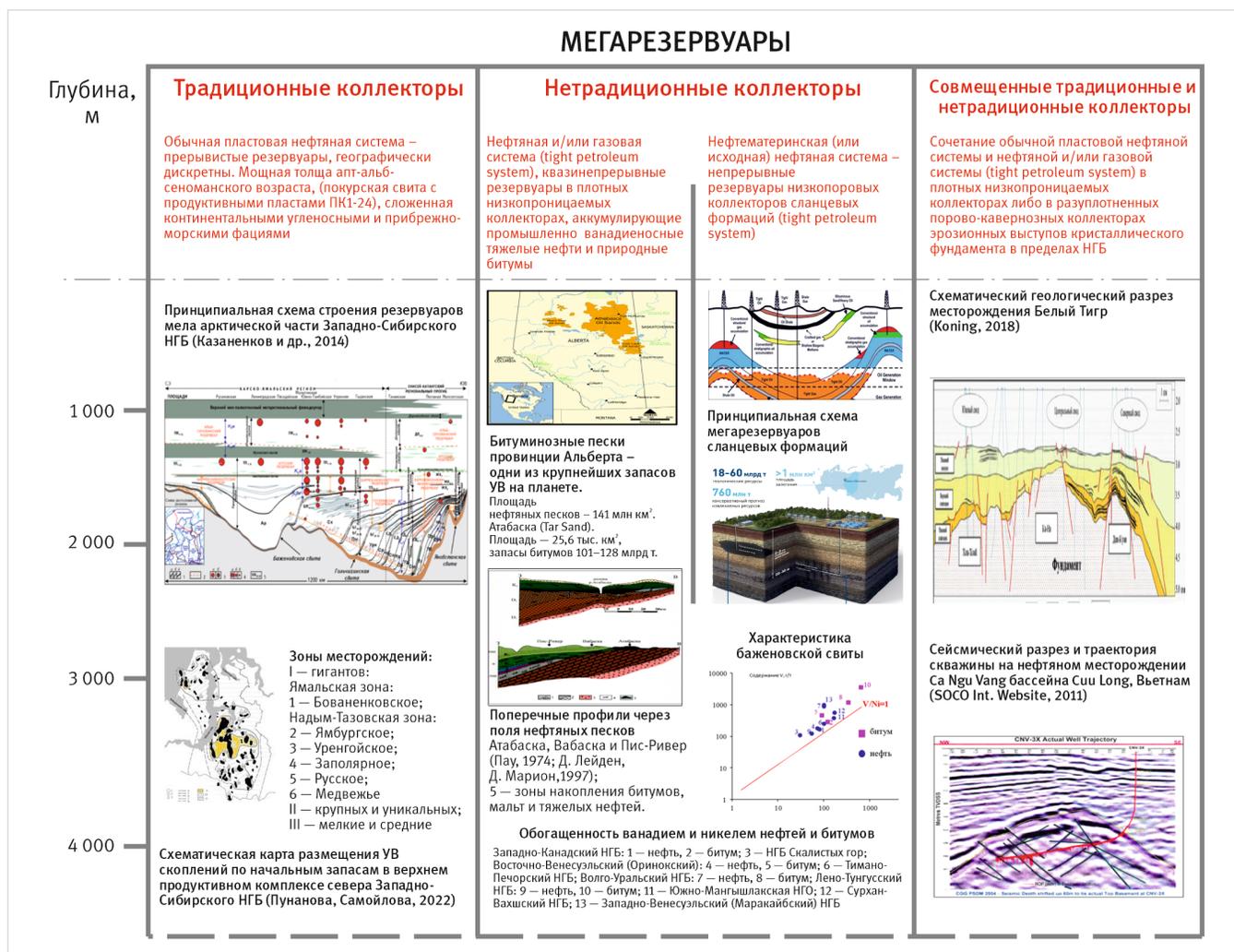


Рис. 1. Схема-модель мегарезервуаров в традиционных и нетрадиционных коллекторах и на примере конкретных регионов
Fig. 1. Scheme-model of mega-reservoirs in traditional and unconventional reservoirs and on the example of specific regions

обогащения сланцев микроэлементами по отношению к кларкам глин (кларки взяты по А.П. Виноградову) показывают, что концентрации в сланцах Sc, Ce, As, Cs, Au, U, Ge, V, W, Zn, Nb, Re, Se, Ag, Mo, Hg выше, чем кларки глин (на сухую массу сланцев) более чем в 1,4 раза, при этом содержания Re, Se, Ag, Mo, Hg превосходят кларковые для глин более чем в 3,5 раза [12].

Огромный интерес к «фундаментным» нефтям вызван, с одной стороны, казалось бы, незапланированным (как бы случайным) открытием крупных скоплений нефти и газа во Вьетнаме и Йемене, а с другой стороны, появлением современных скважинных инструментов, внедрением новых сейсмических методик с использованием 2D–3D локальной сейсмотомографии и усложненными способами бурения. Месторождения Белый Тигр (Вьетнам), Мара и Западная Мара (Венесуэла), Ланкастер (Англия), Оймаша (Казахстан), Ауджила Нафура (Ливия), Набрайя (Йемен), Субан (Индонезия), Ла Пас (Венесуэла) и многие другие с гигантскими запасами локализованы в трещиноватых гранитных блоках-коллекторах сложного комбинированного типа, массивных, тектонически и эрозионно экранированных, в разуплотненных порово-кавернозных выступах кристаллического фундамента [13, 14].

В России к настоящему времени не обнаружено крупных скоплений УВ с большими запасами в залежах фундамента. Можно упомянуть Юрубчено-Тохомское месторождение в Восточной Сибири, в Западно-Сибирском НГБ на Красноленинском своде — Рогожниковское месторождение и др. Так, по данным грави- и магниторазведки, а также по материалам сейсморазведки на Рогожниковском месторождении широко развиты многочисленные тектонические нарушения и разломы, разграничивающие крупные блоки фундамента. Безусловно, необходимо разобраться в причине неоткрытия скоплений УВ с большими запасами в отложениях фундамента на территории российских НГБ, которые в геолого-геохимическом плане вполне сопоставимы с зарубежными, например с Кыулонгским бассейном Вьетнама [14]. Представляется, что причины могут быть следующего плана: недостаточно мощная техника бурения; малые глубины забоя скважин по фундаменту; недостаток геологического материала и сейсмических атрибутов; большие запасы в осадочных отложениях, сдерживающие

стремление к выявлению и разведке глубинных структур по фундаменту. Над этой проблемой предстоит еще много работать.

Накопление в мегарезервуарах осадочного чехла гигантских и уникальных по запасам скоплений нефти и газа объясняется рядом благоприятных факторов — структурных, лито-фациальных, катагенетических, геохимических, разработанных на настоящий момент достаточно детально. Совершенно очевидно, что при прочих равных условиях, для скопления больших запасов УВ необходимы большие нефтесборная площадь, объем пород осадочного выполнения, мощность осадочного чехла. Самые крупные мегабассейны по этим параметрам, такие как Арабо-Персидский, Западно-Сибирский и Восточно-Сибирский, являются наиболее богатыми и по запасам УВ-сырья [15, 16]. Месторождение Гавар в Саудовской Аравии — крупнейшее месторождение нефти в традиционных коллекторах с геологическими запасами до 12 млрд т нефти и 1,01 млрд м³ газа имеет размеры от 280×30 км, а месторождение Абхайк с запасами 2 млрд расположено на площади 550 км² (рис. 2). В России месторождение Самотлорское — седьмое по размеру в мире с геологическими запасами нефти 7,1 млрд т и размерами 47×78 км и площадью 2 516,9 км². В США газонефтяное месторождение Прудо-Бэй (штат Аляска) имеет геологические запасы нефти 3,1 млрд т, а газа 730 млрд м³ при площади 864,2 км², причем основная промышленная залежь (с газовой шапкой) имеет площадь 607 км² и высоту ловушки до 180 м, пористость 23–25 %, а проницаемость до 300 мД. Высокие фильтрационно-емкостные свойства коллекторов также способствуют масштабности скоплений. Результаты проанализированных материалов по 26 крупнейшим нефтегазовым месторождениям мира, детально описанные в [4], подтверждают связь масштабности резервуаров с площадью, пористостью и проницаемостью коллектора.

Природные факторы, влияющие на масштабность скоплений УВ в мегарезервуарах осадочного бассейна, относимые к четырем выделенным геологическим объектам, мы формулируем следующим образом:

- благоприятные сочетания геодинамических, литофациальных и геохимических процессов генерации, миграции, аккумуляции и сохранности залежей. Для образования подобных месторождений

требуются «отличные» нефтематеринские свиты с соответствующими генерационными показателями и значительные объемы осадочного выполнения бассейна;

- восходящие движения в НГБ как регионального, так и локального плана и активная субвертикальная или восходящая латеральная миграция нефтей по пластам, открытым к зонам гидрогеологической разгрузки, способствуют попаданию нефтей в зоны гипергенеза. Основная движущая сила этих процессов — геодинамическая активность НГБ и первичная высокая нефтегенерация исходных нефтематеринских свит;
- определенные тектонические и палеофациальные обстановки морского мелководного или глубоководного бассейна некомпенсированного прогибания с ураганным накоплением ОВ и последующей катагенетической преобразованностью его до стадии нефтяного или газонефтяного окна при влиянии вулканических и гидротермальных процессов;
- совмещение больших объемов разуплотненных с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами коллекторов в выступах фундамента и больших объемов осадочного выполнения и площадей исходных нефтематеринских отложений, способных генерировать большие массы УВ, обтекающие выступы или соседствующие с ними.

Итоги

Систематизированы представления о формировании крупных и гигантских по запасам скоплений УВ в различных природных мегарезервуарах: в традиционных коллекторах; в нетрадиционных коллекторах, аккумулирующих промышленно ванадиеносные тяжелые нефти и природные битумы; низкопоровых сланцевых формаций; разуплотненных выступов кристаллического фундамента. Дана их краткая характеристика.

Выводы

Охарактеризованы природные факторы, способствующие накоплению высоких запасов УВ в мегарезервуарах осадочного чехла.

Литература

1. Еременко Н.А., Чилингар Г.В. Геология нефти и газа на рубеже веков. М.: Наука, 1996. 176 с.
2. Конторович А.Э., Фотиади Э.Э., Демин В.И. и др. Прогноз месторождений нефти и газа. М.: Недра, 1981. 350 с.
3. Шустер В.Л. Исследование нефтегазоносности мегарезервуаров в сложных геологических и природно-климатических условиях // Экспозиция Нефть Газ. 2022. № 2. С. 26–29.
4. Шустер В.Л. Особенности формирования и размещения крупных и гигантских по запасам месторождений нефти и газа в мегарезервуарах осадочных бассейнов // SOCAR Proceedings. 2022. № 2. С. 30–38.
5. Абукова Л.А., Сафарова Е.А., Филиппова Д.С., Исаева Г.Ю. Геофлюидодинамическая спецификация мегарезервуаров нефти и газа // SOCAR Proceedings. 2022. № 2. С. 57–68.
6. Пуанова С.А. Мегарезервуары углеводородов — аккумуляторы гигантских по запасам скоплений нефти и газа // SOCAR Proceedings. 2022. № 2. С. 39–51.

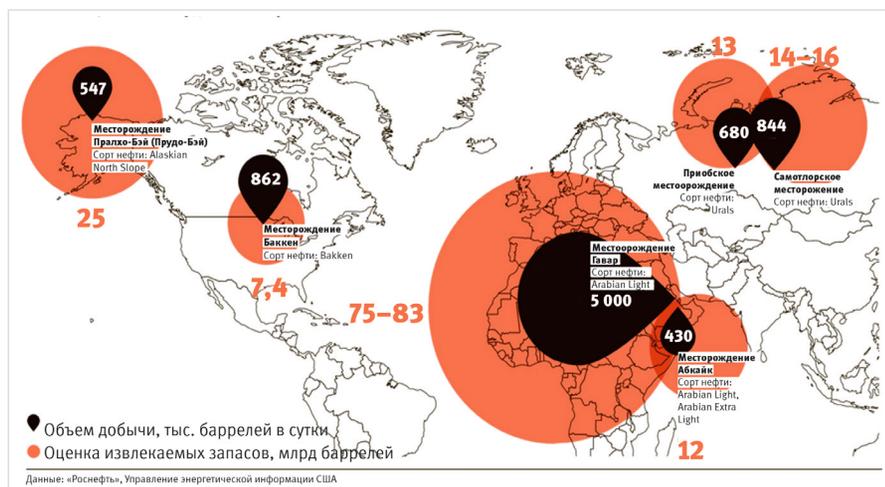


Рис. 2. Крупнейшие месторождения нефти в России, США и Саудовской Аравии [17]
Fig. 2. The largest oil fields in Russia, USA and Saudi Arabia [17]

7. Пуанова С.А., Самойлова А.В. Углеводородные мегарезервуары апт-сеноманских отложений северных регионов Западной Сибири // Экспозиция Нефть Газ. 2022. № 4. С. 15–19.
8. Пуанова С.А. Углеводородные системы и комбинированные ловушки нижне-среднеюрских отложений северных регионов Западной Сибири // Экспозиция Нефть Газ. 2021. № 3. С. 22–27.
9. Hein F.J. Geology of bitumen and heavy oil: an overview. *Journal of petroleum science and engineering*, 2017, Vol. 154, P. 551–563. (In Eng).
10. Хисамов Р.С., Бачков А.П., Войтович С.Е. и др. Геологические основы поисков и разведки месторождений сверхвязкой нефти в центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Казань: Наследие нашего народа, 2022, 184 с.
11. Zou Caineng Tao, Shizhen Yuan, Xuanjun Zhu et al. Global importance of “continuous” petroleum reservoirs: accumulation, distribution and evaluation. *Petroleum exploration and development*, Vol. 36, issue 6, P. 669–682. (In Eng).
12. Puanova S.A. Features of the trace element composition of carbonaceous formations. *Moscow University Geology Bulletin*, 2022, Vol. 77, issue 5, P. 540–551. (In Eng).
13. Пуанова С.А. Нефтегазоносность кристаллического фундамента с учетом развития в нем неструктурных ловушек комбинированного типа // Георесурсы. 2019. Т. 21. № 4. С. 19–26.
14. Пуанова С.А., Шустер В.Л., Нго Лы. Особенности геологического строения и нефтегазоносности доюрских отложений Западной Сибири и фундамента Вьетнама // Нефтяное хозяйство. 2018. № 10. С. 16–19.
15. Скоробогатов В.А. Крупнейшие, гигантские и уникальные осадочные бассейны мира и их роль в развитии газовой промышленности в XXI веке // *Neftgaz.RU*. 2018. № 10. С. 126–141.
16. Высоцкий В.И., Скоробогатов В.А. Гигантские месторождения углеводородов России и мира. Перспективы новых открытий // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. 2021. № 1–6. С. 20–25.
17. Главные районы добычи и крупнейшие месторождения нефти. URL: <https://neftok.ru/strany/krupnejshie-mestorozhdeniya-nefti.html> (дата обращения: 31.07.2023)

ENGLISH

Results

Systematized ideas about the formation of large and giant hydrocarbon accumulations in terms of reserves, accumulating in various natural mega-reservoirs: in traditional reservoirs; in unconventional reservoirs: industrially accumulating vanadium-bearing heavy oils and natural bitumens; low-pore shale formations; decompacted ledges of the crystalline basement. Their brief description is given.

Conclusions

The natural factors contributing to the accumulation of high hydrocarbon reserves in the mega-reservoirs of the sedimentary cover are characterized.

References

1. Eremenko N.A., Chilingar G.V. *Geology of oil and gas at the turn of the century*. Moscow: Nauka, 1996, 176 p. (In Russ).
2. Kontorovich A.E., Fotiadi E.E., Demin V.I. et al. *Forecast of oil and gas fields*. Moscow: Nedra, 1981, 350 p. (In Russ).
3. Shuster V.L. Investigation of the oil and gas potential of megareservoirs in difficult geological and climatic conditions. *Exposition Oil Gas*, 2022, issue 2, P. 26–29. (In Russ).
4. Shuster V.L. Features of the formation and placement of large and giant reserves of oil and gas fields in megareservoirs of sedimentary basins. *SOCAR Proceedings*, 2022, issue 2, P. 30–38. (In Russ).
5. Abukova L.A., Safarova E.A., Filippova D.S., Isaeva G.Yu. Geofluidodynamic specification of megareservoirs of oil and gas. *SOCAR Proceedings*, 2022, issue 2, P. 57–68. (In Russ).
6. Puanova S.A. Megareservoirs of hydrocarbons – accumulators of giant accumulations of oil and gas in reserves. *SOCAR Proceedings*, 2022, issue 2, P. 39–51. (In Russ).
7. Puanova S.A., Samoilova A.V. Hydrocarbon megareservoirs of apt-cenomanian deposits of the northern regions of Western Siberia. *Exposition Oil Gas*, 2022, issue 4, P. 15–19. (In Russ).
8. Puanova S.A. Hydrocarbon systems and combined traps of the lower-middle jurassic deposits of the northern regions of Western Siberia. *Exposition Oil Gas*, 2021, issue 3, P. 22–27. (In Russ).
9. Hein F.J. Geology of bitumen and heavy oil: an overview. *Journal of petroleum science and engineering*, 2017, Vol. 154, P. 551–563. (In Eng).
10. Hisamov R.S., Bachkov A.P., Voitovich S.E., et al. Geological foundations of prospecting and exploration of ultra-viscous oil deposits in the central part of the Volga-Ural oil and gas province. *Kazan: “Heritage of our people”*, 2022, 184 p. (In Russ).
11. Zou Caineng Tao, Shizhen Yuan, Xuanjun Zhu et al. Global importance of “continuous” petroleum reservoirs: accumulation, distribution and evaluation. *Petroleum exploration and development*, Vol. 36, issue 6, P. 669–682. (In Eng).
12. Puanova S.A. Features of the trace element composition of carbonaceous formations. *Moscow University Geology Bulletin*, 2022, Vol. 77, issue 5, P. 540–551. (In Eng).
13. Puanova S.A. Oil and gas content of the crystalline basement taking into account the development in it non-structural traps of the combined type. *Georesources*, 2019, Vol. 21, issue 4, P. 19–26. (In Russ).
14. Puanova S.A., Shuster V.L., Ngo Ly. Peculiarities of geological structures, and oil and gas efficiency in pre-jurassic deposits of Western Siberia and the basement of Vietnam. *Oil industry*, 2018, issue 10, P. 16–19. (In Russ).
15. Skorobogatov V.A. The largest, giant and unique sedimentary basins of the world and their role in the development of the gas industry in the XXI century. *Neftgaz.RU*, 2018, issue 10, P. 126–141. (In Russ).
16. Vysotsky V.I., Skorobogatov V.A. Giant hydrocarbon fields of Russia and the world. Prospects for new discoveries. *Mineral resources of Russia. Economics and management*. 2021, issue 1–6, P. 20–25. (In Russ).
17. The main production areas and the largest oil fields. URL: <https://neftok.ru/strany/krupnejshie-mestorozhdeniya-nefti.html> (date of access: 31.07.2023) (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Пуанова Светлана Александровна, доктор геолого-минералогических наук, Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва, Россия
Для контактов: punanova@mail.ru

Самойлова Анна Васильевна, кандидат геолого-минералогических наук, Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва, Россия

Puanova Svetlana Alexandrovna, dr. of geologo-mineralogical sciences, Oil and gas research institute Russian academy of sciences, Moscow, Russia
Corresponding author: punanova@mail.ru

Samoilova Anna Vasilievna, ph.d. of geologo-mineralogical sciences, Oil and gas research institute Russian academy of sciences, Moscow, Russia