

Палеогеологические особенности распределения скоплений нефти и газа, приуроченных к мегарезервуарам осадочного чехла

Самойлова А.В.

Институт проблем нефти и газа Российской академии наук (ИПНГ РАН), Москва, Россия
anna-samoilova@mail.ru

Аннотация

В статье при обобщении данных и их критическом анализе проведена типизация процессов формирования мегарезервуаров нефти и газа в осадочном чехле нефтегазоносных бассейнов как в традиционных, так и в нетрадиционных коллекторах, включая низкопоровые сланцевые формации, скопления с трудноизвлекаемыми запасами, резервуары разуплотненных выступов фундамента и другие типы геологических структур.

Материалы и методы

База аналитических и научных данных по геологическим 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

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

Самойлова А.В. Палеогеологические особенности распределения скоплений нефти и газа, приуроченных к мегарезервуарам осадочного чехла // Экспозиция Нефть Газ. 2024. № 4. С. 12–15. DOI: 10.24412/2076-6785-2024-4-12-15

Поступила в редакцию: 28.05.2024

GEOLOGY

UDC 553.98 | Original Paper

Paleogeological features of the distribution of oil and gas accumulations confined to megareservoirs of the sedimentary cover

Samoilova A.V.

Oil and Gas Research Institute Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.
anna-samoilova@mail.ru

Abstract

In the article, by summarizing the data and their critical analysis, the typification of the processes of formation of mega-reservoirs of oil and gas in the sedimentary cover of oil and gas basins in both traditional and unconventional reservoirs, including low-pore shale formations, accumulations with hard-to-recover reserves, reservoirs of decompacted basement ledges and other types of geological structures.

Materials and methods

Analytical and scientific data base on the geological 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

For citation

Samoilova A.V. Paleogeological features of the distribution of oil and gas accumulations confined to megareservoirs of the sedimentary cover. Exposition Oil Gas, 2024, issue 4, P. 12–15. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2024-4-12-15

Received: 28.05.2024

Приоритетные направления развития нефтегазового комплекса страны — научный и практический подход к классификационным особенностям комбинированных ловушек в связи с учетом палеогеологических особенностей формирования, характеристиками

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

Оценка влияния геологических и палеогеологических факторов на формирование крупных по запасам месторождений углеводородов (УВ) позволит увеличить прирост ресурсов и запасов нефти и газа, восполнить их добычу и в целом повысить эффективность

геологоразведочных работ и рентабельность проектов по освоению ресурсов и запасов нефти и газа.

В настоящей статье на основе имеющихся данных и новых фактических материалов систематизированы условия образования крупных и гигантских скоплений УВ в нефтегазоносных бассейнах (НГБ). Мегарезервуары УВ — крупные скопления углеводородов, содержащие миллиарды баррелей УВ в нефтяном эквиваленте. В исследовании уточнены и дополнены геологические факторы и их влияние на процесс формирования и масштабность скоплений резервуаров УВ, что позволяет прогнозировать новые скопления в регионах со сложными природно-климатическими обстановками. Рассмотрены процессы формирования крупных и гигантских скоплений УВ и факторы, способствующие их образованию.

Оценка влияния палеогеологических факторов на образование мегарезервуаров нефти и газа является сложной задачей для геологов и геофизиков, работающих в области геологии и геохимии углеводородных месторождений. Палеогеологические факторы включают в себя множество аспектов, связанных с историей развития осадочного чехла, геологическими процессами, палеоклиматическими условиями и другими факторами, которые влияют на формирование и распределение углеводородных скоплений.

Экономически эффективными могут быть проекты по освоению только крупных по запасам месторождений УВ. Поэтому важно научно обосновать основные геологические критерии прогноза месторождений-гигантов и крупнейших по запасам.

Палеогеологические особенности распределения скоплений нефти и газа, приуроченных к мегарезервуарам осадочного чехла, связаны с историей формирования и изменениями геологических условий на протяжении длительного временного периода. Основные аспекты, которые оказывают влияние на распределение нефти и газа, включают следующие элементы:

- для формирования нефтегазоносных месторождений необходимы определенные условия, такие как наличие источников органического вещества, наличие пористых и проницаемых пород-коллекторов, наличие запечатывающих слоев-покрышек;
- геологические процессы, такие как седиментация, диагенез, геодинамика, тектоника, гидротермальные процессы и другие, оказывают значительное влияние на онтогенез нефти и их производных, на формирование и изменение структуры осадочного чехла и размещение нефтегазоносных скоплений. Кроме того, эти процессы влияют на формирование пористости и проницаемости пород-коллекторов, что является ключевым параметром для накопления углеводородов. Палеоклиматические условия также могут оказывать влияние на характеристики нефтегазоносных месторождений, так как они влияют на развитие органического вещества и процессы его преобразования в углеводороды;
- палеогеография и история развития бассейна также играют ключевую роль в формировании нефтегазоносных мегарезервуаров. Например, наличие океанических и континентальных бассейнов, дельт, озер или рифтов существенно влияет на структуру и характеристики

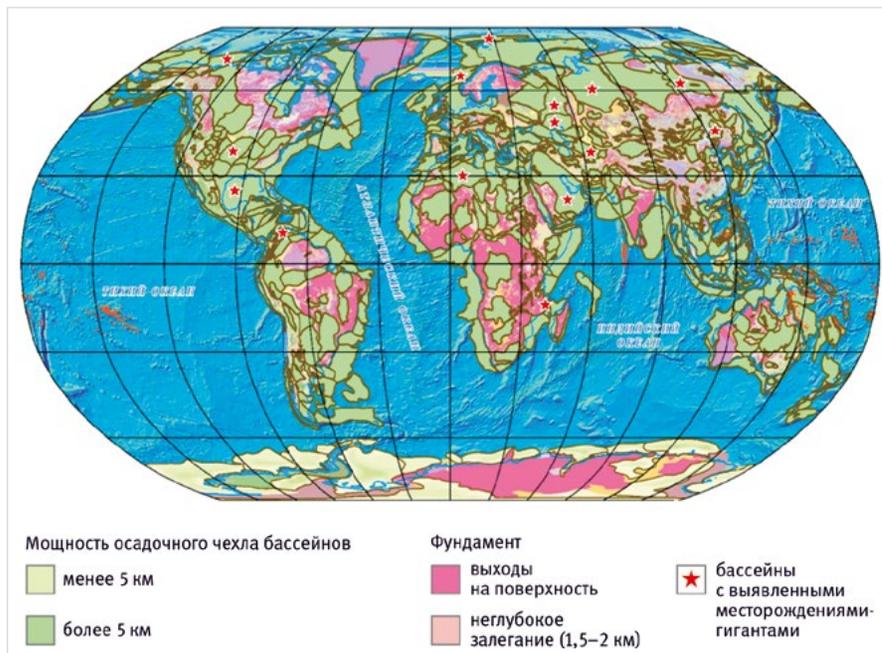


Рис. 1. Гигантские месторождения нефти и газа в мире [1]
Fig. 1. Giant oil and gas fields in the world [1]

осадочного чехла. Изучение структуры и динамики земной коры в прошлом позволяет понять, какие структурные элементы (например, складки, разломы, купола солей) могли служить ловушками для нефти и газа. Тектонические процессы могут создавать благоприятные условия для образования мегарезервуаров, например благодаря формированию трещин, проводимых зон или антиклинальных структур;

- процессы миграции и аккумуляции нефти и газа внутри чехла ассоциированы с различными тектоническими и флюидодинамическими процессами.

Таким образом, палеогеологические особенности распределения нефти и газа в мегарезервуарах осадочного чехла представляют собой сложную систему взаимосвязанных факторов, которые определяют геологическую структуру и характеристику месторождений углеводородов. Палеоклимат, палеогеография, палеофауны и другие палеогеологические условия могут определять стадию катагенеза, тип органического вещества, его преобразование, а также тектоническую и седиментационную историю региона.

К настоящему времени, по данным [1], в мире открыто около 77 тысяч месторождений нефти и газа с суммарными запасами соответственно 361,4 млрд т и 345,7 трлн м³. Около 1/3 начальных извлекаемых запасов УВ приходится на гигантские месторождения. По большинству классификаций к гигантским относятся месторождения с начальными запасами нефти от 300 млн т до 1 млрд т и газа от 300 млрд м³ до 1 трлн м³ (классификация ПАО «Газпром»).

Из 555 осадочных бассейнов (их количество варьируется в разных публикациях) 240 характеризуется промышленной нефтегазоносностью, месторождения-гиганты выявлены в 15 бассейнах (рис. 1).

К 2021 г. открыто 42 нефтяных гигантских месторождения и 25 газовых гигантов. Из них в России открыто 3 нефтяных и 11 газовых гигантов (2 нефтяных и 7 газовых — в Западно-Сибирском НГБ). Авторы публикации [1]

рассматривают месторождения-гиганты с запасами нефти свыше одного млрд т и газа свыше одного трлн м³. Наибольшее количество гигантов открыто в бассейне Персидского залива — 36, Западно-Сибирского — 9, Прикаспийского — 5, Маракайбо — 3. В остальных бассейнах выявлено по 1–2 гиганта, в том числе в России — в Волго-Уральском, Баренцево-морском, Лено-Вилюйском бассейнах.

Кроме того, открыто значительное количество крупных по запасам нефтяных (свыше 100 млн т) и газовых (свыше 100 млрд м³) месторождений. Значительная часть запасов нефти и газа (более 60 %) приурочена к юрским и меловым отложениям на глубинах до 3–5 км.

Согласно прогнозным оценкам, наиболее перспективные районы для увеличения запасов нефти и газа располагаются в арктических морях Северного Ледовитого океана, на севере Западной Сибири, на востоке Сибири, в дальневосточных регионах, а также в Волго-Уральском, Тимано-Печорском и Прикаспийском НГБ. Рост запасов углеводородов в большей части указанных районов имеет не только экономическое, но и геополитическое значение. В данных регионах в настоящее время ведутся геологоразведочные работы на нефть и газ, и уже обнаружены значительные, в том числе крупные и гигантские, месторождения (мегарезервуары).

Большое значение при этом придается и объему пород осадочного выполнения и площади НГБ (табл. 1). Самые крупные мегабассейны по этим параметрам, такие как Арабо-Персидский, Западно-Сибирский и Восточно-Сибирский, являются наиболее богатыми и по запасам УВ сырья. Так, только на мегабассейны Персидского залива и Западно-Сибирского региона приходится 95,3 млрд т нефти (85 % запасов всех месторождений-гигантов мира) и 64,7 трлн м³ газа (57,4 % запасов гигантских газовых месторождений) [2].

Мегарезервуар — это зона или область, где накапливаются значительные объемы углеводородов. Эти области могут включать в себя различные типы коллекторов и типы нефтематеринских отложений [3–7].

Мегарезервуары часто связаны с различными геологическими объектами.

1. Нефтеблочные площади с отложениями, способными генерировать и содержать углеводороды. Это могут быть традиционные коллекторы нефти и газа, образованные в результате миграции и аккумуляции углеводородов в пористых и проницаемых породах.
2. Сланцевые формации, которые также могут содержать значительные запасы углеводородов, особенно в виде сланцевой

нефти и газа. Они требуют специальных технологий для добычи, таких как гидроразрыв пласта (fracking). Нефтяные системы сланцевых формаций являются исходными или нефтематеринскими (source-rock petroleum system), в которых образование и накопление УВ происходят одновременно в породах-источниках и породах-накопителях, и резервуарами становятся исходные породы. Площадь непрерывного резервуара, такого как сланцевый резервуар, может быть такой же большой,

как и площадь осадочного бассейна, в котором отлагались сланцы (рис. 2).

3. Залежи в кавернозных разрушенных породах фундамента, в которых углеводороды могут накапливаться в сложных тектонических структурах.
4. Первичные углеводородные скопления, которые при переформировании могут приводить к образованию битумных песков, тяжелых высоковязких нефтей и других нетрадиционных углеводородных ресурсов (рис. 3).

Табл. 1. Геологические параметры осадочных бассейнов, мегабассейнов (МБ) и мегапровинций (МП) мира* [2]
Tab. 1. Geological parameters of sedimentary basins, megabassaneins (MB) and megaprovia (MP) of the world* [2]

№№	Название мегабассейнов	Площадь, млн км ²		Объем пород осадочного чехла, млн км ³	Возраст интервала продуктивности
		МБ (ОБ)	МП (П)		
1.	Арабо-Персидский	3,4–3,7	3,0	17–18	кембрий-миоцен
2.	Западно-Сибирский (с Южно-Карской областью)	до 3,0	2,5	11,5–12,0	юра-мел
3.	Восточно-Сибирский	3,6	2,8	9,5–10	рифей-н.кембрий
4.	Мексиканского залива	2,3–2,4	1,2–1,3 (без центр. и вост. част)	н/д	юра-кайнозой
5.	Баренцево-Карский (с Северо-Карской областью)	1,4	0,9	7,0–7,5	пермь нижний мел
6.	Центрально-Европейский, включая Североморский ОБ	1,1	1,0	4,5–5,0	девон-кайнозой
7.	Охотоморский ^{х)}	1,7	<0,5	~3,0	кайнозой
8.	Алжиро-Ливийский	>1,0	0,9	4,8–5,2	палеозой-мел
9.	Прикаспийский	0,5	0,5	8–10	девон-кайнозой
10.	Амударьинский	0,4	0,3	1,5–1,8	юра-мел

* Оценки В.А. Скоробогатова с учетом данных В.И. Высоцкого и др. (1994, 2016 гг.)

х) Обширный по площади, малый по ресурсам УВ

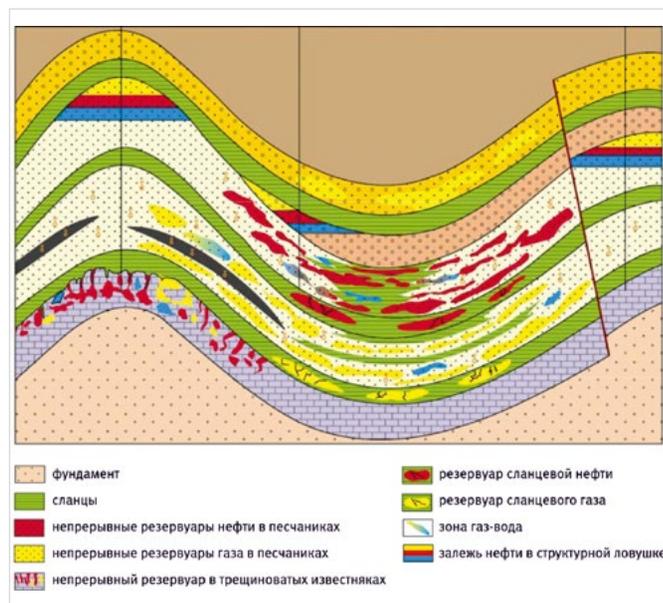


Рис. 2. Модель распределения непрерывных резервуаров (continuous reservoir) разных типов [8]

Fig. 2. Model of the distribution of continuous tanks (continuous reservoir) of different types [8]

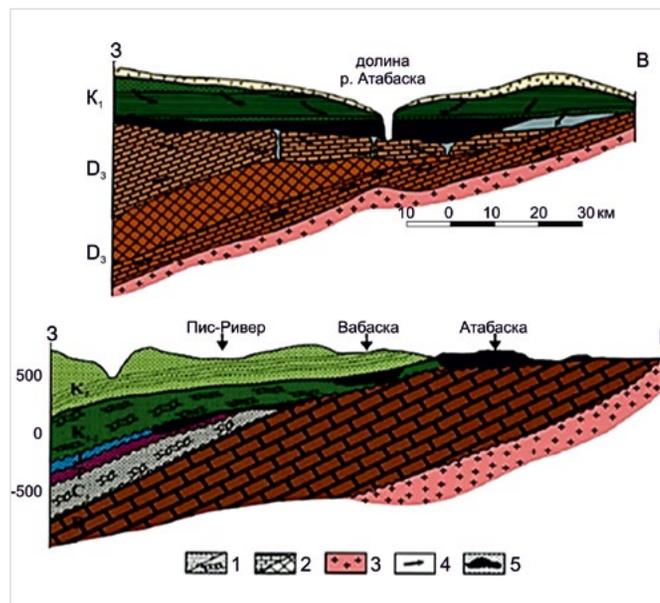


Рис. 3. Поперечные профили через поля нефтяных песков Атабаска, Вабаска и Пис-Ривер [9]

Условные обозначения: 1 – песчаники K, J, T и C1; 2 – девонская карбонатная толща; 3 – докембрийский кристаллический фундамент; 4 – направление движения подземных вод; 5 – зоны накопления битумов, мальт и тяжелых нефтей
Fig. 3. Transverse profiles through the fields of the oil sands of Athabaska, Vabaska and ISP-River [9] Legend: 1 – sandstones K, J, T and C1; 2 – Devonian carbonate strata; 3 – Precambrian Crystal Fundam; 4 – direction of groundwater movement; 5 – Bitumen accumulation zones, malt and heavy oil

Итоги

Таким образом, мегарезервуары представляют собой комплексные углеводородные системы, которые могут содержать разнообразные типы углеводородов в различных геологических средах — как в традиционных, так и в нетрадиционных коллекторах.

Одной из широко используемых моделей для описания мегарезервуаров в традиционных и нетрадиционных коллекторах является так называемая «резервуарная концепция». В рамках этой концепции углеводородный резервуар рассматривается как единая система, включающая в себя различные типы коллекторов, такие как песчаники, карбонаты, сланцы и т. д. Следовательно, каждый тип коллектора воспринимается как составная часть одного мегарезервуара, где процессы формирования, накопления и добычи углеводородов могут быть взаимосвязаны. Данная модель позволяет учитывать различия в свойствах и характеристиках различных типов коллекторов при планировании добычи и оценки ресурсов углеводородов.

Выводы

Корреляция между основными геологическими и палеогеологическими факторами может быть ценным инструментом для прогноза наличия крупных и гигантских месторождений нефти и газа (мегарезервуаров). Анализ соотношения структурно-тектонических

элементов с особенностями пород-резервуаров и палеогеологическими условиями может помочь установить потенциальные углеводородные зоны. Таким образом, оценка влияния палеогеологических факторов на образование мегарезервуаров является ключевым компонентом для успешного разведывательного бурения и разработки нефтегазовых месторождений. Понимание и учет этих факторов позволяют предсказывать возможные места нахождения углеводородов, уменьшать риски при поиске новых месторождений и повышать эффективность разведки и добычи нефти и газа.

Литература

1. 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.
2. Скоробогатов В.А. Крупнейшие, гигантские и уникальные осадочные бассейны мира и их роль в развитии газовой промышленности в XXI веке // Neftegaz.RU. 2018. № 10. С. 126–141.
3. 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.

4. Шустер В.Л. Геолого-геохимические факторы прогноза крупных скоплений нефти и газа, приуроченных к мегарезервуарам // Экспозиция Нефть Газ. 2024. № 3. С. 10–13.
5. Пуанова С.А., Самойлова А.В. Систематизация мегарезервуарных скоплений нефти и газа в осадочной толще // Экспозиция Нефть Газ. 2023. № 5. С. 16–19.
6. Пуанова С.А. Мегарезервуары углеводородов — аккумуляторы гигантских по запасам скоплений нефти и газа // SOCAR Proceedings. 2022. № 2. С. 39–51.
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. Zou Caineng Tao, Shizhen Yuan, Xuanjun Zhu, et al. Global importance of “continuous” petroleum reservoirs: Accumulation, distribution and evaluation. Petroleum exploration and development, 2009, Vol. 36, issue 6, P. 669–682. (In Eng).
9. Якуцени С.П. Распространенность углеводородов, обогащенных тяжелыми элементами-примесями. Оценка экологических рисков. СПб.: Недра, 2005. 372 с.

ENGLISH

Results

Thus, megareservoirs are complex hydrocarbon systems that can contain a variety of hydrocarbon types in different geological environments, in both conventional and unconventional reservoirs. One widely used model to describe megareservoirs in conventional and unconventional reservoirs is the so-called “reservoir concept”. Within this concept, a hydrocarbon reservoir is considered as a single system that includes various types of reservoirs, such as sandstones, carbonates, shales, etc. Consequently, each type of reservoir is perceived as an integral part of one mega-reservoir, where the processes of formation, accumulation and production of hydrocarbons can be interconnected. This model allows us to take into account differences in the properties and characteristics of various types of reservoirs when planning production and assessing hydrocarbon resources.

References

1. Vysotsky V.I., Skorobogatov V.A. Giant hydrocarbon fields of Russia and the world. Prospects for new discoveries. Mineral resources of Russia. Economy and management, 2021, Issue 1-6, P. 20–25. (In Russ).
2. 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 21st century. Neftegaz.ru, 2018, issue 10, P. 126–141. (In Russ).
3. Schuster V.L. Features of the formation and placement of large and gigantic oil and gas deposits in Megareservoirs of sedimentary basins. Socar Proceedings, 2022, issue 2,

P. 30–38. (In Russ).

4. Shuster V.L. Geologist-geochemical factors for forecasting large accumulations of oil and gas confined to megareservoirs. Exposition Oil Gas, 2024, issue 3, P. 10–13. (In Russ).
5. Puanova 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).
6. Puanova S.A. Megareservoirs of hydrocarbons are accumulation of giant by oil and gas deposits. Socar Proceedings, 2022, issue 2, P. 39–51. (In Russ).
7. Puanova S.A., Samoilova A.V. Hydrocarbon

megareservoirs of apt-senomanian deposits of the northern regions of Western Siberia.

- Exposition Oil Gas, 2022, issue 4, P. 15–19. (In Russ).
8. Zou Caineng Tao, Shizhen Yuan, Xuanjun Zhu, et al. Global importance of “continuous” petroleum reservoirs: accumulation, distribution and evaluation. Petroleum exploration and development, 2009, Vol. 36, issue 6, P. 669–682. (In Eng).
 9. Jacuzen S.P. The prevalence of hydrocarbons enriched with heavy impurities. Evaluation of environmental risks. St. Petersburg: Nedra, 2005, 372 p. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Самойлова Анна Васильевна, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва, Россия
Для контактов: anna-samoilova@mail.ru

Anna Vasilyevna Samoilova, ph.d. of geology-mineralogical sciences, chief research, Oil and Gas Research Institute Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
Corresponding author: anna-samoilova@mail.ru