

Исследование нефтегазоносности мегарезервуаров в сложных геологических и природно-климатических условиях

Шустер В.Л.

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия
tshuster@mail.ru

Аннотация

Наряду с доизучением и доосвоением известных нефтяных и газовых месторождений в России начаты и продолжаются поисково-разведочные работы в сложных по геологическим и природно-климатическим условиям регионах (шельф арктических морей, глубокие горизонты).

В статье исследуются условия эффективного освоения нефтегазовых ресурсов на новых направлениях геологоразведочных работ. Одним из важнейших факторов рентабельности проектов является открытие значительных по запасам месторождений, как правило, приуроченных к мегарезервуарам. Исследованы и другие геологические параметры, влияющие на нефтегазоносность мегарезервуаров.

Материалы и методы

Использованы опубликованные фактические данные по 14 крупнейшим месторождениям нефти и газа в мире и в России. Исследована зависимость между запасами нефтегазовых скоплений и геологическими параметрами мегарезервуаров, типами ловушек.

Ключевые слова

мегарезервуар, крупные месторождения нефти и газа, арктический шельф России, новые объекты

Для цитирования

Шустер В.Л. Исследование нефтегазоносности мегарезервуаров в сложных геологических и природно-климатических условиях // Экспозиция Нефть Газ. 2022. № 2. С. **–**. DOI: 10.24412/2076-6785-2022-2-**-**

Поступила в редакцию: 21.03.2022

GEOLOGY

UDC 553.98 I Original Paper

Investigation of the oil and gas potential of megareservoirs in difficult geological and climatic conditions

Shuster V.L.

Oil and gas research institute RAS, Moscow, Russia
tshuster@mail.ru

Abstract

Along with the exploration and development of well-known oil and gas fields in Russia, prospecting and exploration work has begun and continues in regions that are difficult in terms of geological and climatic conditions (Arctic seas shelf, deep horizons).

The article examines the conditions for the effective development of oil and gas resources in new areas of exploration. One of the most important factors of profitability of projects is the discovery of significant reserves of deposits, as a rule, confined to megareservaries. Other geological parameters affecting the oil and gas potential of megareservoirs have also been investigated.

Materials and methods

Published actual data on 14 largest oil and gas fields in the world and in Russia were used. The relationship between the reserves of oil and gas accumulations and the geological parameters of megareservoirs, types of traps.

Keywords

megareservoir, large oil and gas fields, Russian Arctic shelf, new facilities

For citation

Shuster V.L. Investigation of the oil and gas potential of megareservoirs in complex geological and climatic conditions. Exposition Oil Gas. 2022, issue 2, P. **–**. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2022-2-**-**

Received: 21.03.2022

В России огромными ресурсами нефти и особенно газа обладают шельфы северных арктических и восточных морей, регионы Восточной Сибири и Дальнего Востока, Волго-Уральского и Прикаспийского регионов. Не «сказала» последнего слова и Западная Сибирь, где все еще слабо разведаны

глубокие горизонты осадочного чехла и образования фундамента.

Поисково-разведочный процесс в РФ может обеспечить прирост ресурсов, а затем и запасов углеводородов (УВ) еще на долгие годы [1].

Учитывая возрастающую в последние

годы сложность и глубинность поисковых объектов и, как следствие, значительно увеличивающиеся необходимые на осуществление геологоразведочных работ затраты, новую актуальность приобретает поиск и освоение крупных и гигантских скоплений нефти и газа, как правило, приуроченных

к значительным по площади и объему структурам (ловушкам). К крупным относятся месторождения нефти с начальными суммарными запасами 30–100 млн т (100–300 млн т очень крупные) и гиганты — от 300 млн т (до супергигантов 1–3 млрд т). Уникальные — более 3 млрд т. Такие месторождения приурочены, как правило, к крупным резервуарам, которые предлагаем называть «мегарезервуары», т.е. большие по площади и объему.

Крупные и гигантские месторождения нефти и газа в различных регионах мира, как правило, были открыты по прогнозируемому геологическому параметру: максимальная в регионе площадь (и амплитуда) ловушки. С усложнением строения поисковых объектов и возрастанием их глубины возрастает роль других геологических, геохимических и геофлюидодинамических факторов [2, 3, 4], хотя показатель «мегарезервуары» по-прежнему остается наиболее значимым для прогноза и открытия крупных скоплений нефти и газа. К тому же значительное число крупных скоплений нефти и газа выявлено в сложнопостроенных неантиклинальных ловушках комбинированного типа. Это нефтяное месторождение Боливар-Коустал (Венесуэла) — 4,1 млрд т, газовое Ист-Техас (США) — 1,1 трлн м³ и другие [5, 6, 7].

В исследованиях поставлена цель — усовершенствование научно-методических основ прогноза, поисков и освоения крупных скоплений нефти и газа, приуроченных к мегарезервуарам, с учетом возрастания сложности проведения геологоразведочных работ и усложнением геологического строения поисковых объектов. Необходимость усовершенствования современных методических решений и технологий на современном этапе развития нефтегазового комплекса России связана со следующими причинами.

Во-первых, новые направления и объекты поисково-разведочных работ (шельфы арктических северных и восточных морей, глубокие горизонты, сланцевые формации, высоковязкие тяжелые нефти и др.), требующие при их изучении использования новых подходов, сложных технологий, на порядки больших, чем на традиционных объектах, инвестиций на реализацию проектов, в том числе на безопасность работ и охрану окружающей среды, создание (и расширение) новой инфраструктуры, подготовки новых профессиональных кадров.

Во-вторых, объект исследований — мегарезервуары и приуроченные к ним крупные и гигантские скопления нефти и газа в новых геологических (шельфы морей, глубокие горизонты и др.) и экономических условиях претерпели значительное усложнение, что придется учитывать в усовершенствованных технологиях и технических средствах, методах работ и видах исследований.

В-третьих, в последние десятилетия крупные и гигантские скопления УВ, приуроченные к мегарезервуарам, установлены не только в антиклинальных ловушках, но и в сложнопостроенных неантиклинальных ловушках комбинированного типа [6], в том числе в отложениях сланцевых формаций [8, 9]. Обоснованы теоретически и успешно опробованы скопления нефти в ловушках на склонах поднятий и в синклинальных зонах [2]. Прогноз, выявление и поиски скоплений УВ в новых типах ловушек требует нового научного обоснования, новых видов работ и новых методов исследований [10].

В-четвертых, прогноз и обоснование стратегии поисков крупных скоплений нефти

и газа в «глубинных» мегарезервуарах требует детального изучения и последующего использования комплекса геолого-геофизических, геохимических и геофлюидодинамических параметров в гораздо более жестких, по сравнению с верхним этажом нефтегазности, термобарических условиях.

Наряду с хорошо известными крупнейшими по запасам нефтяными и газовыми месторождениями, такими как Аль-Гавар (Саудовская Аравия), с запасами нефти (геологические/извлекаемые) — 20/12 млрд т; Большой Бурган в Кувейте, с геологическими запасами нефти — 11 млрд т; Верхний и Нижний Закум в ОАЭ, с запасами нефти — 10,7 млрд т; Боливар-Костел в Венесуэле, с запасами нефти — 8,3 млрд т; Северное месторождение/Южный Парс, относящееся к Ирану/Катару, с запасами нефти 7 млрд т; Кашаган в Казахстане (открыто на шельфе Каспийского моря в 2000 г.), с запасами нефти и газа — 6,4 млрд т н.э.; Самотлорское месторождение в РФ (Западная Сибирь), с запасами нефти 6,2–7,1 млрд т; Дадин в Китае, с запасами нефти 5,7–6,37 млрд т; месторождения Сафания-Хафджи (Саудовская Аравия и Кувейт), Гечсаран (Иран), Эр-Румайла (Ирак), Кантарел (Мексика), Ромашкино (Россия), Восточно-Мессояхское (Россия) обладающие запасами нефти более 5 млрд т [11].

В России также открыты гигантские и супергигантские нефтяные месторождения: Приобское (запасы около 5 млрд т), Ленгортское (запасы — 2 млрд т), Федоровское (запасы — 2 млрд т), Салымская группа (запасы — 1,4 млрд т), Уренгойское, Мамонтовское, Сахалин-5, Таллинское и др. [6].

В арктических морях России — Баренцевом и Карском — открыты в 80–90-х годах прошлого века крупные и гигантские газоконденсатные месторождения Штокманское, Ленинградское и Русановское. В 2014 г. открыто нефтяное месторождение Победа.

В 2018–2019 гг. открыты в Карском море уникальные по запасам газовое

месторождение им. В.А. Динкова (с запасами по категории C1+C2 — 390,7 млрд м³); крупное газовое месторождение Нягмейское (запасы по категории C1+C2 — 120,8 млрд м³); газовое месторождение 75 лет Победы [3].

Предварительный анализ влияния геологических факторов на формирование крупных и гигантских месторождений УВ позволяет подтвердить, что в группу основных благоприятных факторов, которые могут служить критериями для прогноза, выявления и поисков крупных и гигантских скоплений нефти и газа в мегарезервуарах, входят следующие.

В первую очередь объем потенциального нефте(газо)насыщенного резервуара, т.е. необходимо смоделировать пустотность и проницаемость пород. Причем с глубиной характер пустотности, ее тип и параметры меняются от пористой к трещинно-поровой, трещинно-каверново-поровой до трещинно-каверновой.

Уменьшаются, как правило, значения и пористости, и проницаемости. Возрастает влияние на объем ресурсов и запасов УВ литолого-фациальный состав пород-коллекторов и тип экранирования для сложнопостроенных ловушек неантиклинального типа. В карбонатных породах и образованиях фундамента нефте(газо)насыщенные резервуары имеют неоднородное строение — нефтегазосодержащие участки (объемы) резервуара чередуются с плотными породами, образуя неравномерно-ячеистую структуру. Современные сейсморазведочные методы исследования позволяют картировать неоднородность строения резервуара [12].

Для отложений сланцевых формаций одним из основных факторов оценки благоприятных условий для формирования крупных скоплений УВ, помимо объема резервуара, является углеродосодержание формации.

В сланцевых отложениях выявлен новый тип резервуаров. В мировой литературе такие «ловушки» называют протяженными/

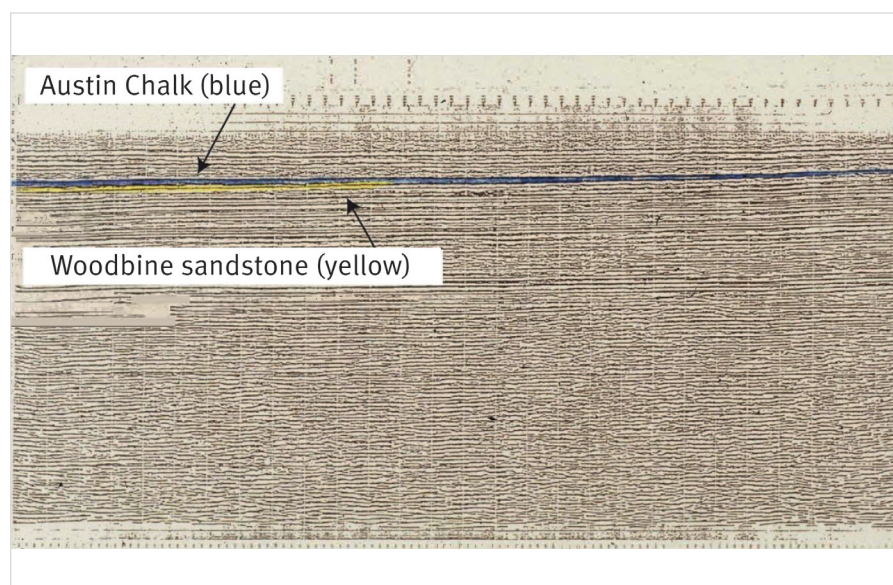


Рис. 1. Сейсмическая линия 2D через ловушку углового несогласия на месторождении Восточный Техас (историческая сейсмическая версия тонкой ловушки (1950–1970-х гг.); сейсмические данные предоставлены производственной компанией Амосо 1980-х гг. с изменениями. “Austin chalk” и “Woodbine sandstone” — сланцевые продуктивные формации [6])

Fig. 1. 2D seismic line through the angular disagreement trap at the East Texas field (historical seismic version of the thin trap (1950s–1970s); seismic data provided by the Amoco production company of the 1980s with changes. “Austin chalk” and “Woodbine sandstone” — shale productive formations [6])

непрерывными резервуарами (continuous reservoir) или тонкими резервуарами несоответствия (unconformity subtle traps), протяженными, но малой мощности, которые не контролируются литолого-стратиграфическими ограничениями, а лишь условными линиями [6, 8].

Такие типы «мегарезервуаров» содержат гигантские по запасам месторождения нефти и газа (рис. 1, 2).

Существует проблема выявления и картирования границ таких ловушек и определения запасов УВ.

Перечисленные геологические факторы и их значения, адаптированные к усложненным современным условиям поисково-разведочных работ, позволяют аргументированно прогнозировать и выявлять крупные скопления УВ, приуроченные к мегарезервуарам. А на последующих стадиях работ, после оценки технологических, экологических, инфраструктурных, промыслово-геологических рисков и создания соответствующей модели разработки и эксплуатации месторождения нефти или газа, необходимо оценивать экономическую эффективность и возможные финансовые показатели проекта.

Открытые крупные и гигантские месторождения нефти и газа в мегарезервуарах во многих странах мира и России в «верхнем» (до 5 км) этаже нефтегазоносности являются залогом успешного открытия новых крупных скоплений УВ в глубоких горизонтах,

на шельфах морей (в первую очередь арктических), «старых» и новых разведочных площадях, в антиклинальных и сложно построенных неантиклинальных ловушках, в отложениях сланцевых формаций и в образованиях фундамента.

Передовые нефтяные и газовые компании мира и России открывают все новые крупные месторождения нефти и газа (в России в Баренцевом, Карском и Охотском морях), а на северном арктическом шельфе приступают к организации разработки и эксплуатации газовых и нефтяных гигантов.

Итоги

Крупные по запасам скопления нефти и газа, открытые и прогнозируемые на новых направлениях геологоразведочных работ (на арктическом шельфе, в глубоких горизонтах, в сланцевых формациях), приурочены к значительным по площади и объему ловушкам различного, зачастую комбинированного типа (мегарезервуарам), характеризующимся благоприятными геолого-геофизическими, геохимическими и геофлюидодинамическими факторами.

Выводы

Рентабельное освоение нефтегазовых ресурсов на новых направлениях работ возможно на крупных и гигантских по запасам УВ месторождениях, приуроченных к мегарезервуарам.

Повышение эффективности поисковых работ и рентабельности проектов по освоению нефтегазовых ресурсов должно основываться на усовершенствовании видов работ и методов исследований, создании новых технологий и технических средств, повышении уровня квалификации инженерно-технических кадров.

Литература

1. Варшавская И.Е., Волож Ю.А., Дмитриевский А.Н., Леонов Ю.Г., Милетенко Н.В., Федонкин М.А. Новая концепция развития ресурсной базы углеводородного сырья // Вестник РАН. 2012. Т. 82. № 2. С. 99–109.
2. Абукова Л.А., Волож Ю.А., Дмитриевский А.Н., Антипов М.П. Геофлюидодинамическая концепция поисков скоплений углеводородов в земной коре // Геотектоника. 2019. № 3. С. 79–91.
3. Дзюбло А.Д., Маслов В.В., Сидоров В.В., Шнип О.А. Прогноз и оценка углеводородного потенциала меловых и юрских отложений шельфа Карского моря по результатам геологоразведочных работ // SOCAR Proceedings. 2021. № 2. С. 141–148.
4. Пуланова С.А. О классификационном разнообразии ловушек нефти и газа и геохимических критериях продуктивности сланцевых формаций // SOCAR Proceedings. № 2. 2021. С. 1–15.
5. Алексин А.Г., Гогоненков Г.Н., Хромов В.Т. и др. Методика поисков залежей нефти и газа в ловушках сложнозакранированного типа (в 2-х частях). М.: ВНИИОЭНГ. 1992. 227 с.
6. Dolson J., He Zhiyong, Horn Brian W. Advances and perspectives on stratigraphic trap exploration-making the subtle trap obvious. Search and Discovery 2018, article 60054. 67 p. (In Eng).
7. Никитин Б.А., Дзюбло А.Д., Шустер В.Л. Геолого-геофизическая оценка перспектив нефтегазоносности глубокозалегающих горизонтов полуострова Ямал и Приамальского шельфа Карского моря // Нефтяное хозяйство. 2014. № 11. С. 102–106.
8. Pearson K. Geologic models and evaluation of undiscovered conventional and continuous oil and gas resources – upper cretaceous Austin Chalk, U.S. Gulf Coast: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report, 2012, 26 p. (In Eng).
9. Ульмишек Г.Ф., Шаломеев А.В., Холтон Д.Ю., Дахнова М.В. Нетрадиционные резервуары нефти в доманиковой толще Оренбургской области // Геология нефти и газа. 2017. № 5. С. 57–67.
10. Шустер В.Л. Принципиальная схема поэтапного изучения неантиклинальных ловушек нефти и газа (виды работ и методы исследований) // SOCAR Proceedings. № 2. 2021. С. 41–47.
11. Нефтяные месторождения: 14 крупнейших в мире. URL: <http://superkrut.ru>
12. Шустер В.Л., Левянт В.Б., Элланский М.М. Нефтегазоносность фундамента (проблемы поиска, разведки и разработки месторождений углеводородов). М.: Техника, Тума ГРУПП. 2003. 176 с.

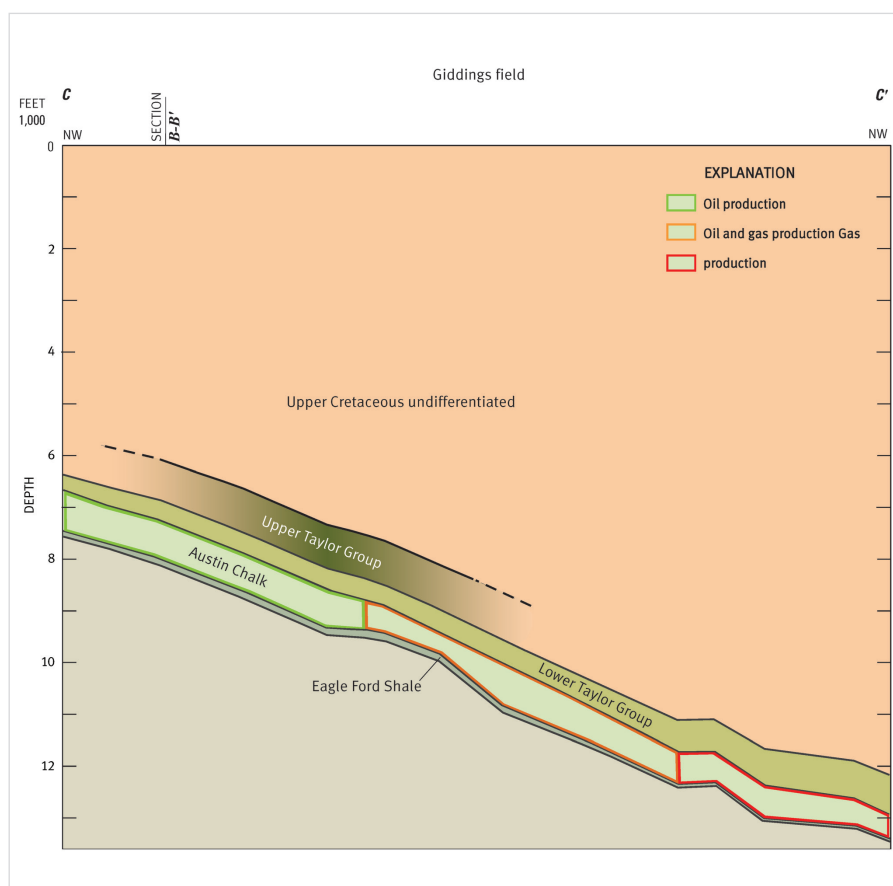


Рис. 2. Поперечный разрез месторождения Giddings, показывающий (Explanation) относительное структурное положение районов добычи нефтяных, нефтегазовых и газовых УВ и их стратиграфические привязки (длина разреза 35 миль). Austin Chalk, Taylor Group (upper – верхняя, lower – нижняя) – сланцевые продуктивные формации; oil, gas production – участки разработки нефти и газа [8]

Fig. 2. Transverse section of the Giddings field, showing (Explanation) the relative structural position of the oil, oil and gas and gas hydrocarbon production areas and their stratigraphic bindings (section length 35 miles). Austin Chalk, Upper Taylor Group and Lower Taylor Group – shale productive formations, oil, gas production [8]

Results

Large accumulations of oil and gas discovered and predicted in new areas of exploration (on the Arctic shelf, in deep horizons, in shale formations) are associated with significant traps of various, often combined types (megareservoirs), characterized by favorable geological and geophysical, geochemical and geofluidodynamic factors.

Conclusions

Cost-effective development of oil and gas resources in new areas of work is possible at large and giant reserves of hydrocarbon Deposits, timed to megareservoirs.

Improving the efficiency of exploration work and the profitability of projects for the development of oil and gas resources should be based on improving the types of work and research methods, creating new technologies and technical means, improving the level of qualification of engineering and technical personnel.

References

1. Varshavskaya I.E., Volozh Yu.A., Dmitrievsky A.N., Leonov Yu.G., Miletenko N.V., Fedonkin M.A. A new concept of developing hydrocarbon resources. Bulletin of the Russian academy of sciences, 2012, Vol. 82, issue 2, P. 99–109. (In Russ).
2. Abukova L.A., Volozh Yu.A., Dmitrievsky A.N., Antipov M.P. Geofluid dynamic concept of prospecting for hydrocarbon accumulations in the earth crust. Geotectonics, 2019, issue 3, P. 79–91. (In Russ)
3. Dzyublo A.D., Maslov V.V., Sidorov V.V., Shnip O.A. Forecast and assessment of hydrocarbon potential of Cretaceous and Jurassic deposits of the Kara Sea shelf based on the results of geological exploration. SOCAR Proceedings, 2021, special issue 2, P. 141–148. (In Russ).
4. Punanova S.A. On the classification diversity of oil and gas trappers and geochemical criteria for the productivity of shale formations. SOCAR Proceedings, 2021, Special issue 2, P. 1–15. (In Russ).
5. Aleksin A.G., Gogonenkov G.N., Khromov V.T. et al. Methods of searching for oil and gas deposits in traps of a screening type (in 2 parts). Moscow: VNIIOENG, 1992, 227 p. (In Russ).
6. Dolson J., He Zhiyong, Horn Brian W. Advances and perspectives on stratigraphic trap exploration-making the subtle trap obvious. Search and Discovery 2018, article 60054. 67 p. (In Eng).
7. Nikitin B.A., Dzyublo A.D., Shuster V.L. Geological and geophysical assessment of the oil and gas potential of the deep-lying horizons of the Yamal Peninsula and the Priyamal shelf of the Kara Sea. Oil Industry, 2014, issue 11, P. 102–106. (In Russ).
8. Pearson K. Geologic models and evaluation of undiscovered conventional and continuous oil and gas resources – Upper Cretaceous Austin Chalk, U.S. Gulf Coast: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report, 2012, 26 p. (In Eng).
9. Ulmishek G.F., Shalomeenko A.V., Holton D.Yu., Dakhnova M.V. Unconventional oil reservoirs in the domanik formation of the Orenburg region. Geology of Oil and Gas, 2017, issue 5, P. 57–67. (In Russ).
10. Shuster V.L. Schematic diagram of a step-by-step study of non-anticline traps of oil and gas (types of work and research methods). SOCAR Proceedings, 2021, Special issue 2, P. 41–47. (In Russ).
11. Oil fields: 14 largest in the world. URL: <http://superkrut.ru> (In Russ).
12. Shuster V.L., Levyant V.B., Ellansky M.M. Oil and gas content of the foundation (problems of prospecting, exploration and development of hydrocarbon deposits). Moscow: Tekhnika, Tuma GRUPP, 2003, 175 p. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шустер Владимир Львович, д.г.-м.н., главный научный сотрудник, Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва, Россия
Для контактов: tshuster@mail.ru

Shuster Vladimir Lvovich, doctor geological and mineralogical sciences, chief researcher, Oil and gas research institute RAS, Moscow, Russia
Corresponding author: tshuster@mail.ru