

## Научные основы прогноза и поисков крупных скоплений углеводородов

**В.Л. Шустер**

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия  
E-mail: [tshuster@mail.ru](mailto:tshuster@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности формирования крупных по запасам месторождений нефти и газа, приуроченных к мегарезервуарам. На основе статистического анализа фактических материалов по 26 крупнейшим по запасам мировым и российским месторождениям нефти и газа дана оценка зависимости величины запасов от основных геологических факторов, участвующих в формировании залежи, таких как площадь месторождения и фильтрационно-емкостные свойства коллекторов. Предложены критерии прогноза крупных скоплений углеводородов на разных этапах геологоразведочных работ.

**Ключевые слова:** нефть, газ, запасы, крупные месторождения, научные основы, геолого-геохимические факторы

**Для цитирования:** Шустер В.Л. Научные основы прогноза и поисков крупных скоплений углеводородов // Актуальные проблемы нефти и газа. 2023. Вып. 3(42). С. 88–96. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2023-42.art6>

### Введение

Еще 10–15 лет назад среди перспективных направлений геологоразведочных работ на нефть и газ в России и в мире рассматривались поисковые объекты в отложениях глубоких горизонтов, в низкопроницаемых коллекторах сланцевых формаций, в породах, содержащих тяжелые вязкие нефти [1]. В последние годы, в связи с резким ростом мировых цен на углеводороды (УВ), вырос интерес к достаточно затратным проектам, осуществляемым в сложных природно-климатических условиях арктического шельфа и регионов севера Западной и Восточной Сибири. При возрастающем спросе на энергоносители в таких странах, как Китай, Индия, Вьетнам, Индонезия, и других подобные дорогостоящие проекты

становятся рентабельными. В условиях современной экономико-политической ситуации для сохранения Россией приоритетного положения на мировом энергетическом рынке и обеспечения конкурентных цен на нефть и газ требуется открытие и освоение крупных по запасам месторождений нефти и газа. Это позволит перестроить и расширить экспорт нефти и газа страны в восточном (азиатском), африканском и южноамериканском направлениях.

Целью исследований является анализ, систематизация и дополнение научных основ прогноза и поисков крупных по запасам месторождений нефти и газа, на основе оценки влияния геолого-геохимических и геофлюидодинамических факторов на их формирование.

### Методы исследования

Обобщены результаты исследований по проблеме прогноза и поисков крупных месторождений нефти и газа, опубликованные в работах ведущих ученых. Проведена статистическая обработка данных по 26 мировым крупнейшим месторождениям углеводородов: изучены связи между объемом запасов и важнейшими геолого-геохимическими факторами, влияющими на формирование этих месторождений.

Используя статистический подход к оценке степени влияния геолого-геохимических факторов на формирование крупнейших месторождений, разработаны качественные и количественные критерии их прогноза и поисков.

### Результаты

Крупные по запасам месторождения УВ приурочены к значительным по площади и объему резервуарам различного типа и литологического состава.

Основная часть открытых крупнейших и гигантских месторождений приурочена к антиклинальным ловушкам. В последние десятилетия подобные месторождения выявлены в неантиклинальных (комбинированных) ловушках и в сложнопостроенных резервуарах сланцевых формаций [2].

К крупным месторождениям относятся скопления нефти с начальными запасами от 100 млн т (до 300 млн т – крупнейшие) и газа – от 100 млрд м<sup>3</sup> (до 300 млрд м<sup>3</sup> – крупнейшие).

К гигантским месторождениям соответственно – от 300 млн т до 1 млрд т нефти и от 300 млрд м<sup>3</sup> до 1 трлн м<sup>3</sup> газа (классификация ПАО «Газпром»).

По данным публикации [3], среди 555 осадочных бассейнов гиганты выявлены в 15. К 2021 г. открыто 42 нефтяных гигантских месторождения и 25 газовых гиганта. Из них в России три нефтяных и 11 газовых гигантов. Авторы статьи рассматривают месторождения–гиганты с запасами нефти свыше 1 млрд т и газа – свыше 1 трлн м<sup>3</sup>.

В мире открыто 36 гигантов в Персидском заливе, 9 – в Западно-Сибирском бассейне, 5 – в Прикаспийском, три – в Маракайбо и по 1–2 гиганта в остальных бассейнах, в том числе, в Волго-Уральском, Баренцевоморском, Лено-Виллюйском бассейнах.

Кроме того, открыто значительное число крупных месторождений. Более 60% запасов УВ в мире приурочено к юрским и меловым отложениям на глубинах до 3–5 км.

Исходя из существующей статистики открытий крупных и гигантских месторождений УВ, совершенно очевидно, что для их формирования требуются специальные условия для образования и размещения месторождений, базирующиеся на масштабных процессах и их временном сочетании, а также на оптимальных количественных характеристиках основных геолого-геохимических факторов.

В результатах анализа этих условий и заключаются научные основы формирования крупнейших месторождений нефти и газа и, как следствие, выявление критериев их прогноза и поисков. Наряду с общими для осадочных бассейнов закономерностями, в каждом конкретном бассейне существуют и некоторые специфические особенности, которые необходимо учитывать при прогнозе и поисках.

Проблеме формирования крупнейших и гигантских месторождений углеводородов, в том числе такой важной ее составляющей, как строение резервуара, содержащего скопление УВ, посвящены работы советских (российских) и зарубежных ученых многих стран [2–17].

Схема формирования крупных (как и мелких, и средних) по запасам месторождений нефти и газа общеизвестна, необходимо только установить те особенности формирования, которые являются благоприятными (необходимыми и достаточными) для образования крупного по запасам скопления УВ. И не менее важный вопрос: на каком этапе геологоразведочных работ (ГРП) и по какому набору фактических материалов, соответствующих этому этапу, возможно оценить те или иные условия формирования крупных скоплений нефти и газа.

Необходимо уточнить условия формирования именно для крупного скопления УВ, начиная с процессов нефтегазообразования (а предварительно или одновременно – и формирования осадочного бассейна), включая накопление органики, процессов генерации, миграции, аккумуляции УВ; формирования ловушки (резервуара), и заканчивая процессами сохранности (или разрушения) залежи. Как эти процессы синхронизируются во времени и пространстве и какими геолого-геохимическими факторами контролируются?

Для выработки критериев прогноза (и поисков) крупных скоплений углеводородов требуется определить качественные и/или количественные характеристики как процессов формирования

крупного месторождения, так и геолого-геохимических факторов, благоприятных для формирования залежи и содержащего ее резервуара.

Точность (или степень вероятности) прогноза будет зависеть от объема геолого-геохимических материалов и оценки масштабности и синхронности процессов формирования месторождения.

Ниже приведены предлагаемые в публикациях благоприятные геолого-геохимические условия (факторы) для формирования крупных скоплений нефти и газа.

Научно обоснована и подтверждена практическими результатами приуроченность крупных и гигантских месторождений нефти и газа к обширным по площади и значительным по объему природным резервуарам.

Термин «природный резервуар» впервые введен И.О. Бродом [18, 19]; уточнен и детализирован в публикациях [6–9, 17].

Природный резервуар – это природная емкость для нефти и газа и воды, существование которой обусловлено соотношением коллектора с плохо проницаемыми породами и которая характеризуется емкостью, гидродинамическими условиями и пластовой энергией, формой и условиями залегания [17].

Термин «мегарезервуар», как расширенное понятие от «природный резервуар», впервые введенный в работах А.Э. Конторовича и др. [4], А.И. Леворсена [20], означает резервуар, содержащий значительное количество углеводородов, занимающий значительную площадь и охватывающий значительный стратиграфический интервал разреза.

В качестве основных благоприятных факторов для формирования крупных скоплений нефти и газа в опубликованных работах 1970–1980 гг. [4–7] рекомендуется учитывать следующие:

- наличие в пределах нефтегазосборной зоны нефтегазонакопления генераторов больших масс углеводородов (определяющим является абсолютная масса органического вещества);

- близость зоны нефтегазонакопления к зоне максимального прогибания;

- наличие надежного флюидоупора;

- наличие мощного проницаемого комплекса;

- значительный объем ловушек, сформировавшихся синхронно с главной фазой нефтенакопления или периодом интенсивного газообразования.

В работе [13] дополнительно к вышеперечисленным факторам добавлены:

- мощность осадочного чехла (особенно фанерозойских отложений);

- контрастность локальных структур;

- надежно изолированные мега- и региональные резервуары;

- существование подъема подземных вод;

- достаточная катагенетическая превращенность органического вещества и другие.

Большая часть из сформированного комплекса благоприятных для формирования крупных скоплений нефти и газа показателей (факторов) может быть оценена уже на региональном этапе ГРР.

На основе сформированного комплекса показателей в 70–80-х годах прошлого столетия в Западной Сибири был открыт

ряд крупных и гигантских месторождений нефти, а затем и газа.

В работах (3, 10, 12) подробно рассмотрены онтогенетические, геологические (первичные) и генетические (вторичные) условия, благоприятные для формирования газовых и нефтяных гигантов в Западной Сибири (часть из этих факторов повторяет или уточняет ранее упомянутые).

Это – наличие в разрезе генерационного доминант–комплекса, сложенного чаще всего глинами, образование крупных конседиментационных ловушек с сохранностью первоначальной пористости, незначительное расстояние латеральной миграции, а также надежные флюидоупоры и др.

Все должно быть масштабно: процессы генерации, первичной и коллекторской (собирающей) миграции, аккумуляции и необходимые условия для сохранности залежи УВ.

В публикации [11] на основе анализа результатов открытия нефтяных и газовых гигантов в Северном море предложены три системы показателей, по которым оценивается вероятность выявления в нефтегазоносных бассейнах месторождений–гигантов, исходя из допущения, что распределение ресурсов в неразведанной части нефтегазоносного бассейна не будет принципиально отличаться от распределения ресурсов в разведанной части. Разработанная авторами [11] вероятностная система качественной оценки перспектив открытия крупных и гигантских месторождений УВ будет полезна при проведении поисково-разведочных работ на шельфе арктических морей и в северных регионах Западной и Восточной Сибири.

Автором статьи была предпринята попытка провести количественную и качественную оценку геолого-геохимических факторов, влияющих на формирование крупных и гигантских по запасам открытых месторождений мира и России. Проанализированы фактические материалы по 26 крупнейшим месторождениям [15].

Статистически определена связь величины запасов месторождения с ее площадью, фильтрационно-емкостными свойствами коллекторов; а также качественно – с возрастом и с литологическим составом коллекторов и с литологическим составом и мощностью флюидоупоров.

Получены следующие результаты: с нарастанием величины объема запасов возрастает площадь крупнейших месторождений УВ от 800–900 км<sup>2</sup> до 4000–5000 км<sup>2</sup>; значения пористости коллекторов увеличиваются от 15 до 35%, проницаемости (при ограниченной статистике) – от 300 до 1500 мД. Породы-коллекторы, как правило, представлены песчаниками или карбонатами; флюидоупоры – глинами, аргиллитами, каменной солью, толщиной 100 м и более.

Часть из перечисленных выше параметров (факторов) может быть оценена на региональном этапе ГРП, часть – на поисковом этапе.

Учет этих результатов важен при оценке рентабельности проекта и возможных рисков его осуществления.

### Выводы

Таким образом, необходимыми условиями для формирования крупных и гигантских месторождений углеводородов являются последовательное временное совпадение процессов нефтегазообразования («отличные», по классификации Тиссо и Вельте, нефтематеринские свиты, с высокими генерационными показателями, высокой концентрацией органического вещества и мезокатагенетической степенью его преобразования) с формированием мегарезервуара значительной площади и объема, с высокими ФЕС пород-коллекторов и надежным флюидоупором, а также необходимы большие объемы отложений и площади осадочных бассейнов. Все процессы должны характеризоваться значительной масштабностью.

Разработанные, уточненные и дополненные, научные основы формирования крупных скоплений нефти и газа могут быть использованы при прогнозе и поисках месторождений со значительными запасами УВ и выработке критериев прогноза на каждом этапе ГРП.

*Статья написана в рамках выполнения государственного задания ИПНГ РАН (тема «Научно-методические основы поисков и разведки скоплений нефти и газа, приуроченных к мегарезервуарам осадочного чехла», 122022800253-3).*

### Литература

1. Абукова Л.А. Шустер В.Л. Перспективы развития нефтегазового комплекса России // Экспозиция Нефть Газ. 2016. № 7(53). С. 12–15.
2. Pearson K. Geologic models and evaluation of undiscovered conventional and continuous oil and gas resources – Upper Cretaceous Austin Chalk: Scientific Investigations Report 2012-5159. Reston, VA: United States Geological Survey, 2012. 26 p. <https://doi.org/10.3133/sir20125159>

3. *Высоцкий В.И., Скоробогатов В.А.* Гигантские месторождения углеводородов России и мира. Перспективы новых открытий // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2021. № 1–6(175). С. 20–25.
4. *Конторович А.Э., Бабина Н.М., Богородская Л.И., Винокур Б.Г.* Нефтепроизводящие толщи и условия образования нефти в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности. Л.: Недра, 1967. 224 с.
5. *Вассоевич Н.Б., Архипов А.Я., Бурлин Ю.К.* и др. Нефтегазоносный бассейн – основной элемент нефтегеологического районирования крупных территорий // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. 1970. № 5. С. 13–24.
6. *Трофимук А.А., Вышемирский В.С., Дмитриев А.Н.* и др. Распознавание образов гигантских нефтяных месторождений // Проблемы нефтеносности Сибири: Сб. ст. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1971. С. 34–50.
7. *Вышемирский В.С., Конторович А.Э., Трофимук А.А.* Миграция рассеянных битумоидов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1971. 167 с. (Труды Института геологии и геофизики СО АН СССР. Вып. 143).
8. *Хаин В.Е., Соколов Б.А.* Современное состояние и дальнейшее развитие учения о нефтегазоносных бассейнах // Современные проблемы геологии и геохимии горючих ископаемых: Сб. ст. М.: Наука, 1973. С. 94–108.
9. *Конторович А.Э., Фотиади Э.Э., Демин В.И.* и др. Прогноз месторождений нефти и газа. М.: Недра, 1981. 350 с.
10. *Скоробогатов В.А., Ростовцев В.Н.* Перспективы поисков газовых месторождений в северных районах Западной Сибири // Геология нефти и газа. 1983. № 11. С. 15–19.
11. *Белонин М.Д., Новиков Ю.Н., Соболев В.С.* Концепция и предварительные результаты прогноза крупнейших месторождений нефти и газа на арктическом шельфе России // Геология нефти и газа. 2001. № 1. С. 3–9.
12. *Скоробогатов В.А.* Крупнейшие, гигантские и уникальные осадочные бассейны мира и их роль в развитии газовой промышленности в XXI веке // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2018. № 10(82). С. 126–141.
13. Анализ влияния различных факторов на размещение и формирование месторождений нефти и газа (на примере платформенных областей) / Под ред. В.С. Лазарева и В.Д. Наливкина. Л.: Недра, 1971. 334 с. (Труды ВНИГРИ. Вып. 295).
14. *Пуланова С.А.* Мегарезервуары углеводородов – аккумуляторы гигантских по запасам скоплений нефти и газа // SOCAR Proceedings. 2022. № S2. С. 39–51. <https://doi.org/10.5510/OGP2022SI200724>
15. *Шустер В.Л.* Особенности формирования и размещения крупных и гигантских по запасам месторождений нефти и газа в мегарезервуарах осадочных бассейнов // SOCAR Proceedings. 2022. № S2. С. 30–38. <https://doi.org/10.5510/OGP2022SI200723>
16. Геология гигантских месторождений нефти и газа / Под ред. М. Хэлбути; пер. с англ. И.П. Лаврушко, Ю.Г. Такаевой; под ред. и с предисл. С.П. Максимова. М.: Мир, 1973. 440 с.
17. *Еременко Н.А., Чилингар Г.В.* Геология нефти и газа на рубеже веков. М.: Наука, 1996. 176 с.

18. *Брод И.О., Еременко Н.А.* Основы геологии нефти и газа: Учеб. пособие. М.: Изд-во Московского университета, 1953. 339 с.

19. *Брод И.О., Васильев В.Г., Высоцкий И.В.* и др. Нефтегазоносные бассейны земного шара. М.: Недра, 1965. 600 с.

20. *Леворсен А.И.* Геология нефти и газа / Пер.с англ. И.Т. Дубовского, М.Ш. Моделевского и Г.Ф. Ульмишека; под ред. и с предисл. Н.Б. Вассоевича и М.К. Калинин. М.: Мир, 1970. 640 с.

#### **Информация об авторе**

*Владимир Львович Шустер* – д.г.-м.н., главный научный сотрудник, Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия, [tshuster@mail.ru](mailto:tshuster@mail.ru)

**Поступила в редакцию 25.07.2023**

## Scientific foundations of forecasting and searching for large accumulations of hydrocarbons

**V.L. Shuster**

Oil and Gas Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
E-mail: [tshuster@mail.ru](mailto:tshuster@mail.ru)

**Abstract.** The article discusses the features of the formation of large reserves of oil and gas fields, confined to megareservoirs. Based on the statistical analysis of the actual data for the 26 largest reserves of the world and Russian oil and gas fields, an assessment of the dependence of the reserves on the main geological factors involved in the formation of the deposit, such as the area of the deposit and the filtration and reservoir properties of reservoirs, is given. The criteria for forecasting large accumulations of hydrocarbons at different stages of geological exploration are proposed.

**Keywords:** oil, gas, reserves, large field, scientific foundations, geological and geochemical factors

**Citation:** *Shuster V.L.* Scientific foundations of forecasting and searching for large accumulations of hydrocarbons // Actual Problems of Oil and Gas. 2023. Iss. 3(42). P. 88–96. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2023-42.art6> (In Russ.).

### References

1. *Abukova L.A., Shuster V.L.* Strategic directions of development oil and gas complex in Russia // Exposition Oil & Gas. 2016. No. 7(53). P. 12–15. (In Russ.).
2. *Pearson K.* Geologic models and evaluation of undiscovered conventional and continuous oil and gas resources – Upper Cretaceous Austin Chalk: Scientific Investigations Report 2012-5159. Reston, VA: United States Geological Survey, 2012. 26 p. <https://doi.org/10.3133/sir20125159>
3. *Vysotsky V.I., Skorobogatov V.A.* Giant hydrocarbon fields of Russia and the world. Prospects of new discoveries // Mineral Resources of Russia. Economics and Management. 2021. No. 1–6(175). P. 20–25. (In Russ.).
4. *Kontorovich A.E., Babina N.M., Bogorodskaya L.I., Vinokur B.G.* Oil-producing strata and conditions of oil formation in Mesozoic sediments of the West Siberian depression. Leningrad: Nedra, 1967. 224 p. (In Russ.).
5. *Vasoevich N.B., Arkhipov A.Ya., Burlin Yu.K.* et al. The oil and gas basin is the main element of the oil and gas zoning of large territories // Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 4. Geologiya. 1970. No. 5. P. 13–24. (In Russ.).
6. *Trofimuk A.A., Vyshemirsky V.S., Dmitriev A.N.* et al. Recognition of giant oil pools // Problems of presence of oil in Siberia: Collected papers. Novosibirsk: Nauka, Sib. Br., 1971. P. 34–50. (In Russ.).
7. *Vyshemirskiy V.S., Kontorovich A.E., Trofimuk A.A.* Migration of scattered bitumoids. Novosibirsk: Nauka, Sib. Br, 1971. 167 p. (Proceedings of the Institute of Geology and Geophysics. Iss. 143). (In Russ.).
8. *Khain V.E., Sokolov B.A.* The current state and further development of the doctrine of oil and gas basins // Modern problems of geology and geochemistry of combustible minerals. Moscow: Nauka, 1973. P. 94–108. (In Russ.).



9. *Kontorovich A.E., Fotiadi E.E., Demin V.I.* et al. Forecast of oil and gas fields. Moscow: Nedra, 1981. 350 p. (In Russ.).
10. *Skorobogatov V.A., Rostovtsev V.N.* Prospects for the search for gas fields in the northern regions of Western Siberia // *Geologiya Nefti i Gaza*. 1983. No. 11. P. 15–19. (In Russ.).
11. *Belonin M.D., Novikov Yu.N., Sobolev V.S.* Concept and preliminary results of the forecast of the largest oil and gas fields on the Arctic shelf of Russia // *Geologiya Nefti i Gaza*. 2001. No. 1. P. 3–9. (In Russ.).
12. *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 21<sup>st</sup> century // *Business Magazine Neftegaz.RU*. 2018. No. 10(82). P. 126–141. (In Russ.).
13. Analysis of the influence of various factors on the placement and formation of oil and gas fields (on the example of platform areas) / Ed. by V.S. Lazarev and V.D. Nalivkin. Leningrad: Nedra, 1971. 334 p. (VNIGRI Transactions. Iss. 295). (In Russ.).
14. *Punanova S.A.* Megareservoirs of hydrocarbons are accumulation of giant by oil and gas deposits // *SOCAR Proceedings*. 2022. No. S2. P. 39–51. <https://doi.org/10.5510/ogp2022si200724>
15. *Shuster V.L.* Features of formation and placement of large and giant deposits of oil and gas in megareservaries of sedimentary basins // *SOCAR Proceedings*. 2022. No. S2. P. 30–38. <https://doi.org/10.5510/OGP2022SI200723> (In Russ.).
16. *Geology of giant petroleum fields* / Ed. by M.T. Halbouty. Tulsa, OK: American Association of Petroleum Geologists, 1973. 575 p.
17. *Eremenko N.A., Chilingar G.V.* Geology of oil and gas at the turn of the century. Moscow: Nauka, 1996. 176 p. (In Russ.).
18. *Brod I.O., Eremenko N.A.* Fundamentals of oil and gas geology: Textbook. Moscow: Moscow State University, 1953. 339 p. (In Russ.).
19. *Brod I.O., Vasiliev V.G., Vysotsky I.V.* et al. Oil and gas basins of the globe. Moscow: Nedra, 1965. 600 p. (In Russ.).
20. *Levorsen A.I.* Geology of petroleum. 2<sup>nd</sup> ed. San Francisco: W.H. Freeman, 1967. 724 p.

#### **Information about the author**

*Vladimir L. Shuster* – Dr. Sci. (Geol.-Min.), Chief Researcher, Oil and Gas Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, [tshuster@mail.ru](mailto:tshuster@mail.ru)

**Received 25.07.2023**