

УДК 550.8.01

DOI 10.47148/0016-7894-2025-3-114-123

Методы количественного прогноза ресурсов углеводородов: современное состояние и проблемы

© 2025 г. | Л.М. Бурштейн, И.С. Сотнич

ФГБУН «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН», Новосибирск, Россия; levi@ipgg.sbras.ru, sotnichis@ipgg.sbras.ru

Поступила 28.05.2025 г.

Доработана 07.06.2025 г.

Принята к печати 09.06.2025 г.

Ключевые слова: нефть; газ; ресурсы; структура ресурсов; перспективы нефтегазоносности; методы количественной оценки.

Аннотация: На фоне снижения объемов и ухудшения структуры выявленных запасов углеводородов возрастают требования к количественной оценке ресурсов — основе планирования геолого-разведочных работ на нефть и газ. Статья посвящена анализу методов оценки ресурсов углеводородов и связанных с этим проблем. Методология и конкретные методы количественного прогноза ресурсов углеводородов разрабатывались с начала XX в. при активном участии отечественных специалистов. Рассмотрены базовые понятия теории количественного прогноза. Цель прогноза — создание информационной базы экономической оценки ресурсов углеводородов, планирования поисково-разведочных работ, программ лицензирования недр, развития нефтегазодобывающего комплекса. Структура ресурсов включает их дифференциацию по физико-химическим и геологическим характеристикам и параметрам: типам коллекторов, залежей и ловушек, глубине залегания, элементам тектонического районирования, величине скоплений, коэффициентам извлечения и тд. Объекты прогноза определяются в результате нефтегазогеологического районирования. Существует два основных подхода. Первый заключается в выделении осадочно-породных бассейнов, очагов нефтегазообразования и зон нефтегазоаккумуляции, характеризующихся единством процессов формирования скоплений углеводородов. Второй предполагает выделение объектов (провинций, областей и районов), в пределах которых поиски и разведка осуществляются на единой методической основе. Также используются и другие объекты, например, эталонные, расчетные, лицензионные или планируемые к лицензированию участки недр. Масштабы прогноза соответствуют стадиям геолого-разведочных работ и рангам оцениваемых объектов: надрегиональный, региональный, зональный и локальный. С учетом взаимоотношений между эталонами и объектами оценки и принимаемыми принципами прогнозирования предложено выделять следующие группы методов: экспертные, аналогий, генетические и основанные на анализе результатов поисково-разведочных работ. Сформулированы некоторые практические и методические проблемы количественного прогноза перспектив нефтегазоносности: отсутствие унифицированных методик построения геологических моделей оцениваемых объектов, ограниченное число доступных эталонных объектов, недостаточный учет естественной стохастичности процессов нефтидогенеза, отсутствие актуализированного «Методического руководства» и др.

Для цитирования: Бурштейн Л.М., Сотнич И.С. Методы количественного прогноза ресурсов углеводородов: современное состояние и проблемы // Геология нефти и газа. – 2025. – № 3. – С. 114–123. DOI: 10.47148/0016-7894-2025-3-114-123.

Финансирование: Работа выполнена в рамках научной темы государственной программы ФНИ FWZZ-2022-0007.

Methods for quantitative prediction of hydrocarbon resources: current state and challenges

© 2025 | L.M Burshtein, I.S. Sotnich

The Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia; levi@ipgg.sbras.ru, sotnichis@ipgg.sbras.ru

Received 28.05.2025

Revised 07.06.2025

Accepted for publication 09.06.2025

Key words: oil; gas; resources; resource breakdown; petroleum potential; quantitative assessment methods.

Abstract: Against the background of a decrease in the volumes and deterioration of the structure of identified reserves, the requirements for a quantitative assessment of resources - the basis for planning geological exploration for oil and gas — are increasing. The article is devoted to the analysis of methods for assessing hydrocarbon resources and related problems. The methodology and specific methods for quantitative forecasting of hydrocarbon resources have been developed since the beginning of the 20th century with the active participation of domestic specialists. The basic concepts of the theory of quantitative forecasting are considered. The purpose of the forecast is to create an information base for the economic assessment of hydrocarbon resources, planning exploration work, subsoil licensing programs, and the development of the oil and gas production complex. The structure of resources includes their differentiation by physicochemical and geological

characteristics and parameters: types of reservoirs, deposits and traps, depth, elements of tectonic zoning, the size of accumulations, recovering factors, etc. The objects of the forecast are determined by oil and gas geological zoning. There are two main approaches. The first is to identify sedimentary rock basins, oil and gas formation centers and oil and gas accumulation zones characterized by the unity of hydrocarbon accumulation processes. The second involves identifying objects (provinces, regions and districts) within which exploration and prospecting are carried out on a single methodological basis. Other objects are also used, such as etalon, estimated, licensed or planned for licensing subsoil areas. The scale of the forecast corresponds to the stages of geological exploration and the ranks of the objects being assessed: supraregional, regional, zonal and local. Taking into account the relationships between standards and objects of assessment and the accepted principles of forecasting, it is proposed to identify the following groups of methods: expert, analogy, genetic and based on the analysis of the results of exploration work. Some practical and methodological problems of quantitative forecasting of oil and gas potential prospects are formulated: the lack of unified methods for constructing geological models of the objects being assessed, a limited number of available reference objects, insufficient consideration of the natural stochasticity of oil and gas genesis processes, the lack of an updated "Methodological Guide", etc.

For citation: Burshtein L.M., Sotnich I.S. Methods for quantitative prediction of hydrocarbon resources: current state and challenges. Geologiya nefi i gaza. 2025;(3):114–123. DOI: 10.47148/0016-7894-2025-3-114-123. In Russ.

Funding: The work was carried out within the framework of the scientific topic of the FNI State Program FWZZ-2022-0007

Введение

Роль УВ-сырья в мировой и российской экономике в обозримом будущем, вероятно, сохранится. Истощение ресурсной базы зрелых нефтегазоносных провинций с неизбежностью ведет к вовлечению в процесс ее воспроизводства новых геологических объектов, расположенных в районах с более сложными горно-геологическими и географическими условиями. Естественно, стоимость подготовки запасов нефти и газа в этом случае будет увеличиваться. Как следствие, возрастают и требования к качеству и обоснованности планирования поисково-разведочных работ на нефть и газ на всех стадиях и этапах их проведения. Одним из основных базовых элементов перспективного планирования геолого-разведочных работ является количественная и геолого-экономическая оценка ресурсов УВ.

Методология количественной оценки, общие положения и принципы, терминология, конкретные методики количественного прогноза ресурсов УВ создавались и развивались с первой половины XX в. Главные отечественные научные школы в области теории и практики количественной оценки перспектив нефтегазоносности были сформированы во ВНИГНИ, ВНИГРИ, ВНИИЗарубежгеология, ЗапСибНИГНИ, ЗапСибНИИГТ, СНИИГТиМС, ИГТ АН СССР (ныне ИНГТ СО РАН), ИГиРГИ, ВНИИГаз, ИГИРНИГМ и других академических и отраслевых организациях. Выдающийся вклад в это направление геологической науки внесли советские и российские ученые — И.М. Губкин, А.А. Бакиров, И.О. Брод, М.Д. Белонин, Н.И. Буялов, Н.Б. Вассович, И.С. Грамберг, Ф.Г. Гурари, М.Ф. Двали, А.Н. Дмитриевский, М.А. Жданов, В.И. Ермаков, Н.А. Еременко, М.К. Калинин, К.А. Клещев, Л.Д. Кноринг, А.Э. Конторович, Н.А. Крылов, Н.Д. Линдтроп, С.П. Максимов, М.С. Моделевский, В.Д. Наливкин, М.А. Напольский, С.Г. Неручев, И.И. Нестеров, Ю.В. Подольский, Н.Н. Ростовцев, Ф.К. Салманов, Г.П. Сверчков, В.В. Семенович, А.А. Трофимук, М.В. Фейгин, Э.Э. Фотиади, Э.М. Халимов, Ф.З. Хафизов, В.И. Шпильман и др. Необходимо упомянуть и других исследователей, внесших

значительный вклад в развитие этого направления, В.Я. Аврова, А.Г. Алексина, А.А. Аксенова, Ю.А. Арсиря, К.С. Баймухаметова, Ю.Н. Батурина, В.И. Берилко, В.Г. Васильева, С.А. Винниковского, А.М. Волкова, В.А. Волконского, В.И. Высоцкого, И.В. Высоцкого, В.С. Вышемирского, Г.А. Габриэлянца, В.И. Галкина, С.В. Галкина, В.В. Гребенюка, Ю.Н. Григоренко, Е.Б. Груниса, Ш.А. Губермана, И.М. Губермана, Т.В. Гудымову, Г.С. Гуревича, И.С. Гутмана, Е.Е. Даденберга, В.И. Демина, Г.Х. Дикенштейна, А.Н. Дмитриева, М.Б. Добровольского, Ф.Ф. Дунаева, Н.Г. Егорова, А.Е. Еханина, И.П. Жабрева, М.А. Жданова, Е.В. Захарова, А.Н. Золотова, И.А. Иванова, А.Н. Истомина, Н.А. Калинина, С.А. Кимельмана, В.И. Китайгородского, Б.П. Кобышева, И.И. Коржана, Т.А. Косенко, О.С. Краснова, В.С. Лазарева, М.Г. Лейбсона, В.Б. Леонтовича, В.Р. Лившица, М.И. Лоджевскую, А.Д. Луговцова, Р.Т. Мамахатову, В.Н. Мартоса, Н.В. Мельникова, Ю.П. Миронычева, Л.И. Мошковица, Г.П. Ованесова, И.В. Орешкина, Г.Б. Острога, Г.И. Плавника, В.И. Пороскуна, В.В. Потеряеву, А.А. Растегина, М.Н. Саттарова, Ю.В. Симановского, В.А. Скоробогатова, В.А. Смирнова, В.И. Старосельского, В.С. Старосельцева, В.П. Ступакова, Н.В. Судата, Л.О. Сулейманова, О.И. Супруненко, И.Я. Файнштейна, С.Л. Шварцева, А.В. Шпильмана и др.¹ Результаты их исследований отражены в серии специализированных методических изданий и обобщающих монографий ([1–9] и др.).

Современные результаты систематического применения разработанных методов и подходов можно найти в работах ([10–21] и др.).

Целями настоящей статьи являются общее описание основных групп методов количественного прогноза перспектив нефтегазоносности и анализ проблем их применения.

Предварительно остановимся на некоторых базовых понятиях.

¹ Авторы статьи приносят свои извинения за неизбежные, но не злонамеренные пропуски в этих списках.

Цели прогноза

Следует отметить, что цели оценки ресурсов УВ — количественного прогноза перспектив нефтегазоносности — для разных субъектов (владельцев недр, недропользователей и исследователей, выполняющих прогноз) могут и чаще всего будут не совпадать. С практической точки зрения для владельцев недр и недропользователей их можно сформулировать так: создание информационной базы экономической оценки ресурсов УВ-сырья, перспективного планирования геолого-поисковых и геолого-разведочных работ, разработки программы лицензирования недр, планирования развития нефтегазодобывающего комплекса, экономики отдельных регионов и страны в целом. С точки зрения ученого-исследователя количественная оценка ресурсов УВ (создание ресурсной модели) является необходимым элементом верификации развиваемого варианта теории нефтидогенеза применительно к объектам исследований разного ранга. Эти подходы, по существу, крайне близки или даже совпадают, но далее, при описании целей прогноза, будем подразумевать первую формулировку.

Структура ресурсов

Для достижения целей количественного прогноза недостаточно получить данные о начальных ресурсах УВ. Важно иметь информацию и об их структуре. Под *структурой ресурсов* обычно понимают их дифференциацию по фазовому составу, другим физико-химическим характеристикам УВ-флюидов, типам залежей и ловушек, глубине залегания и возрасту вмещающих нефтегазоносных комплексов, площади, элементам тектонического и нефтегазогеологического районирования, величине скоплений, начальным дебитам, коэффициентам извлечения и т. д. и т. п. Уровень и степень дифференциации величины ресурсов зависят от выбранного варианта методики дальнейшей геолого-экономической оценки, от ранга и степени изученности оцениваемого объекта.

Объекты оценки и объекты представления результатов прогноза

Выделение объектов количественного прогноза тесно связано с решением задачи нефтегазогеологического районирования. Для ее решения в практике отечественной нефтегазовой геологии существует два основных подхода [3].

Первый — выделение в осадочной оболочке земли или отдельных крупных регионах геологических объектов, в пределах которых процессы нефтидогенеза и формирования их скоплений протекали автономно [22]. Важнейшим элементом такого подхода является разбиение стратисферы на седиментационные или осадочно-породные бассейны.

При втором подходе выделяются перспективные на нефть и газ территории (провинции, области и районы), в пределах которых объектами поисков и разведки выступают единые стратиграфические

или проницаемые комплексы отложений разного ранга, такие, к которым применима единая методика поисков и разведки месторождений нефти и газа [23].

Районирование 1-го рода чаще используется при решении теоретических и генетических задач нефтегазовой геологии, хотя в ряде случаев и при прогнозе перспектив нефтегазоносности. Обычно при этом выделяют осадочно-породные бассейны, а в их пределах — очаги нефтегазообразования и зоны нефтегазонакопления. Осадочный чехол в целом делится на нефтегазовые системы разного ранга.

Районирование 2-го рода применяется при планировании поисково-разведочного процесса. Объектами в этом случае выступают нефтегазоносные провинции, нефтегазоносные области и нефтегазоносные районы.

Разделение приведенных подходов достаточно условно, и во многих случаях выделяемые в их рамках объекты совпадают.

Помимо перечисленных в практике количественной оценки широко используются другие объекты, достаточно однородные по геологическим характеристикам — эталонные и расчетные участки, как правило, представляющие собой части зон нефтегазонакопления или нефтегазоносные районы. Еще одним, наиболее часто встречающимся объектом, являются участки недр — лицензионные или планируемые к лицензированию. Такие участки в подавляющем большинстве случаев не привязаны к элементам геологического, стратиграфического или тектонического районирования.

Масштабы прогноза

В соответствии со стадиями геолого-разведочных работ и рангом рассматриваемых объектов принято выделять четыре уровня прогноза [7]. Надрегиональный² прогноз предполагает оценку величины и структуры ресурсов нефтегазоносных провинций, осадочно-породных бассейнов или крупных нефтегазоносных комплексов в их пределах. Региональный прогноз выполняется для тектонических структур I порядка или крупных частей нефтегазоносных провинций и нефтегазоносных комплексов в их пределах. Зональный или среднемасштабный прогноз затрагивает тектонические структуры II порядка, свиты и подсвиты. Региональный и зональный прогноз выполняется, как правило, для объектов ранга нефтегазоносных областей и нефтегазоносных районов. И, наконец, локальный прогноз — это прогноз нефтегазоносности локальных структур, ловушек неструктурного типа, пластов и групп сближенных неразделенных пластов в их пределах.

² Термин «надрегиональный» представляется не слишком удачным. Возможно, его следует заменить на «региональный», используя для следующей категории термин «субрегиональный».

Таблица. Применимость методов оценки ресурсов УВ для геологических объектов разного ранга и степени изученности
Table. Applicability of methods of HC resource assessment to geological objects of different ranks and exploration maturity

Группа методов	Тип используемых эталонных объектов по отношению к объекту оценки	Масштабы объектов оценки							
		Надрегиональный		Региональный		Зональный		Локальный	
		Степень изученности							
		Низкая*	Высокая**	Низкая	Высокая	Низкая	Высокая	Низкая	Высокая
Экспертные	Внешние	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д
	Внутренние	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д
Геологических аналогий	Внешние	Б	Д	Б	Д	Б	Д	Б	НМ
	Внутренние	Д	Б	Д	Б	Д	Б	НМ	Б
Прямого моделирования	Внешние	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д
	Внутренние	НМ	Д	НМ	Б	НМ	Б	НМ	Б
На основе анализа результатов поисково-разведочных работ	Внешние	Д	Д	Д	Д	Д	НМ	НМ	НМ
	Внутренние	НМ	Д	НМ	Д	НМ	Д	НМ	НМ

*Ресурсы выявлены и переведены в запасы промышленных категорий менее чем на 20 %.

**Ресурсы выявлены и переведены в запасы промышленных категорий более чем на 20 %.

Примечание. Возможность применения методов из группы: Б — базовые, Д — дополнительные, НМ — неприменимые или малоприменимые.

*The resources are identified and less than 20% of them are assigned to commercial categories.

**The resources are identified and more than 20% of them are assigned to commercial categories.

Note. Possibility of using methods from the group: Б — basic, Д — supplementary/secondary, НМ — inapplicable or hardly/seldom applicable.

Существенно отметить, что приведенная классификация [7] носит скорее ориентировочный характер, так как не полностью включает возможные объекты изучения, перечисленные ранее. С этой точки зрения она, несомненно, требует согласования и уточнения.

Методы и модели количественной оценки перспектив нефтегазоносности

Конкретные методики прогнозирования выбираются в зависимости от целей и задач прогноза, ранга оцениваемого объекта, состава и объема доступной информации, уровня, опыта и предпочтений специалистов, выполняющих количественную оценку, а также нормативных требований.

Вряд ли возможно и целесообразно построение универсальной классификации методов прогноза. Рассматриваемый далее вариант такой классификации достаточно условен. Он основан на учете четырех признаков:

- масштабе оцениваемого объекта (надрегиональный, региональный, зональный и локальный);
- степени изученности (высокая — ресурсы переведены в запасы промышленных категорий более чем на 20 % или низкая — менее чем на 20 %);
- взаимоотношении используемых эталонных объектов (внутренние или внешние) и объектов оценки;

– выборе базовых принципов прогнозирования. Под последними понимаются формализмы количественной оценки, в том числе способы сопоставления эталонов и оцениваемых объектов.

Условно и с большим числом оговорок можно выделить несколько групп методов прогноза величины ресурсов УВ (таблица).

Экспертные методы

Экспертные методы играли и продолжают играть значительную роль в практике количественной оценки перспектив нефтегазоносности. Основанные на опыте и знаниях экспертов, они часто не имеют альтернативы для объектов низкой изученности, но обычно используются и для корректировок оценок, полученных другими более формализованными методами. Особую роль экспертные методы играют при предварительной качественной оценке перспектив нефтегазоносности.

В явной или неявной форме элементы неформализованной экспертизы присутствуют при применении практически любых количественных оценках геологических объектов разного ранга. Достаточно сказать, что любая оценка независимо от ее заказчиков и исполнителей заканчивается экспертизой полученных результатов.

Методы экспертных аналогий имеют самостоятельное значение.

Методы аналогий

Методы геологических аналогий обычно подразделяются на методы экспертных и количественных геологических аналогий. Последние большей частью основываются на стохастических зависимостях ресурсов УВ от геологических характеристик объектов оценки (объемно-статистический, объемно-балансовый, метод В.И. Шпильмана и т. д.).

Методики регионального и зонального прогноза в большинстве случаев сводятся к тому или иному варианту метода аналогий [1, 7]. Решение прогнозных задач методом аналогий можно представить в виде последовательности следующих этапов.

1. Подбирается набор сравнительно хорошо изученных эталонных объектов.

2. На созданной эталонной выборке устанавливаются количественные или качественные связи между прогнозируемыми характеристиками и прогностическими параметрами, которые могут быть определены как на эталонах, так и на оцениваемых объектах. В случае экспертного подхода эмпирические количественные зависимости заменяются системой поправочных коэффициентов, вводимых специалистами-экспертами.

3. Проводится верификация полученных прогностических моделей.

4. По установленным зависимостям выполняется оценка ресурсов объектов прогноза, дифференцированная по выбранным специфическим признакам.

5. Определяются или строятся доверительные интервалы или распределения вероятностей для полученных оценок.

6. Выполняются содержательная геологическая интерпретация и коррекция (при необходимости) результатов прогноза, оценивается общая степень их достоверности.

В том случае если изученность оцениваемых объектов достаточно высока и существует возможность формирования выборки с достаточным числом эталонов, прогностические зависимости могут выявляться с применением кластерного, регрессионного, дискриминантного, факторного, байесовского анализов, методов распознавания образов и т. д. [2]. Реализации метода аналогий, основанные на использовании формального математического аппарата, должны удовлетворять определенным требованиям, обладать рядом сходных свойств и реализовываться в виде последовательности типичных шагов.

Число эталонов должно быть достаточным для выбранного математического формализма. В оптимальном случае их число должно позволять разбить эталонную выборку на «обучающую» и «контрольную» подвыборки. В исключительных случаях подвыборки могут пересекаться.

Форма прогностической модели может быть получена как формальными методами, так и на основе некоторой принятой генетической модели.

Выбор прогностических параметров должен выполняться с учетом различных генетических моделей формирования скоплений УВ оцениваемых геологических объектов и установленных эмпирически или предполагаемых теоретически закономерностей:

– прогностические параметры должны достаточно надежно определяться («картироваться») на эталонах и на оцениваемых объектах;

– число неопределенных параметров в прогностической модели должно быть существенно меньше числа эталонных объектов;

– исходный набор прогностических параметров должен редуцироваться с учетом числа доступных эталонов и выбранной формы прогностической модели до некоторого минимального набора наиболее информативных параметров. Анализ информативности прогностических параметров, в свою очередь, может существенно повлиять на форму модели прогноза вплоть до ее полного пересмотра;

– после окончательного выбора формы модели прогноза и соответствующего минимизированного набора параметров их конкретные значения определяются по «обучающей» выборке;

– полученная прогностическая модель верифицируется путем прогноза целевой характеристики на объектах контрольной выборки;

– в случае если результаты контрольных оценок удовлетворяют заранее выбранным критериям, построенные прогностические модели признаются адекватными. Далее параметры моделей определяются уже по всей эталонной выборке и осуществляется прогноз целевой характеристики на оцениваемых объектах.

Историко-генетические (бассейновое моделирование) и объемно-генетические методы

В определенном смысле альтернативой методам аналогий являются методы прямого моделирования процессов нефтидогенеза и формирования скоплений УВ — объемно- и историко-генетические («бассейновые») методы. Хотя, как уже отмечалось, их противопоставление методам аналогий достаточно условно.

Исторически в качестве самостоятельных подходов к количественной оценке перспектив нефтегазоносности первым оформился объемно-генетический метод. В ряде случаев он используется в «классическом» виде до сих пор. История его становления изложена в [24], а актуальное состояние в формулировках С.Г. Неручева приведено в [7].

В современной практике при решении задач прогноза регионального, зонального и локального уровней нашли широкое применение так называемые бассейновые модели и методы. В основе этой группы методов лежат представления осадочно-миграционной теории нефтидогенеза и формирования скоплений УВ.

В первом приближении можно выделить несколько групп сравнительно независимых процессов и явлений, приводящих к возникновению скоплений УВ:

- формирование современного осадочного чехла (в том числе накопление осадков с учетом перерывов, размывов, уплотнение и литификация осадков, эволюция структурных планов и др.);
- эволюция фильтрационно-емкостных и теплофизических характеристик пород;
- формирование ловушек различного генезиса;
- отжим поровых флюидов, формирование поля давлений;
- установление температурного поля с учетом кондуктивного и конвективного теплопереноса, источников тепла в литосфере и осадочном чехле;
- накопление и фоссилизация рассеянного ОВ;
- диагенез и катагенез рассеянного ОВ, генерация нафтидов;
- первичная и вторичная миграция;
- аккумуляция (формирование скоплений УВ);
- вторичные преобразования пород-флюидоупоров и коллекторов, разрушение скоплений.

Физико-химические модели, описывающие все стадии процесса нафтидогенеза (генерации, первичной и вторичной миграции, аккумуляции и разрушения скоплений УВ) и сопряженные процессы (седиментация, уплотнение осадков, массотеплоперенос в осадочном чехле) и лежащие в основе бассейнового моделирования, развиты в достаточной, хотя и далеко не в равной мере. Их современный уровень может быть охарактеризован как феноменологический и полуэмпирический. Детали физико-химических моделей и их математических реализаций подробно описаны в специальной литературе [25, 26].

Бассейновое моделирование — результат естественного развития историко-генетического подхода [24] применяется в качестве одного из методов количественной оценки перспектив нефтегазоносности. При этом надо учитывать, что этот подход имеет ряд ограничений. Одна из основных трудностей, возникающих при прямом использовании бассейнового моделирования для оценки величины ресурсов УВ в нефтегазовых системах разного ранга, вызвана тем, что на современном этапе невозможно корректно оценить потери УВ в процессе миграции. Это обстоятельство, как и некоторые другие неопределенности, заложенные в бассейновые модели, обходят за счет калибровки по величинам запасов выявленных скоплениях УВ. Естественно, это возможно только для достаточно хорошо изученных нефтегазовых систем. Принципиальные трудности использования бассейнового моделирования связаны и с требованиями к объемам и качеству исходной информации, неустранимыми неопределенностями геологических моделей оцениваемых объектов, невозможностью точного

задания начальных и граничных условий геологических моделей и историй развития объектов.

С точки зрения авторов статьи, намного большую ценность бассейновые модели представляют как инструмент анализа теоретических проблем нефтегазовой геологии и как средство агрегирования данных, реконструкции возможных сценариев развития нефтегазовых систем и процессов нафтидогенеза и формирования скоплений УВ в них.

Методы на основе анализа результатов поисково-разведочных работ

В статье описаны методы, основанные на анализе динамики и результатов выявления ресурсов УВ (историко-статистический, анализ распределения скоплений по крупности, анализ вероятности успеха и др.).

Историко-статистический метод [6], основанный на анализе и экстраполяции динамики прироста запасов, применим к достаточно большим и хорошо изученным геологическим объектам ранга провинций и крупных нефтегазоносных областей, в настоящее время используется крайне редко.

Для объектов такого ранга и степени изученности в последние десятилетия чаще применяются методы оценки на основе анализа распределения залежей и месторождений УВ по величине запасов [2, 3, 5, 10, 11, 27]. Методы последней группы позволяют естественным образом получать вероятностные оценки ресурсов, но в определенной мере ограничены рангом и степенью изученности оцениваемых объектов.

Методы прогноза, основанные на анализе успешности поисково-разведочных работ [1, 28], применимы для прогноза локального уровня, но также предполагают достаточно высокую степень изученности исследуемых территорий.

Некоторые практические и методические проблемы прогноза

В методологии количественного прогноза и основанных на ней конкретных методиках существует серия проблем и невыясненных вопросов, что приводит к неоднозначностям, неопределенностям и сомнениям в достоверности полученных результатов. Накопленный опыт разработки методов количественной оценки перспектив нефтегазоносности и их практического применения позволяет сформулировать несколько теоретических, практических и организационных проблем, не равноценных, но несомненно требующих решения.

Базовой проблемой количественной оценки ресурсов является отсутствие унифицированных методик построения геологических моделей оцениваемых объектов разного ранга. Исследователи далеко не тождественно выделяют объекты прогноза, прогнозируемые комплексы и флюидоупоры, выполняют стратификацию разреза и т. д. В результате этого построенные ими прогностические модели всегда уникальны и, как следствие, не воспроизводимы.

В большинстве случаев доступный исходный набор прогностических параметров крайне ограничен и содержит такие характеристики объекта прогноза, генетическая связь которых с прогнозируемой величиной не очевидна.

Еще одна проблема связана с ограничением числа доступных эталонов. Малое число эталонов сказывается прежде всего на сложности используемой прогностической модели и числе входящих в нее независимых параметров, подбор которых вынужденно принимает существенно формальный характер. Интерпретация полученных по упрощенным моделям результатов требует большой осторожности. Тем не менее практические оценки во многих случаях необходимо выполнять таким способом.

Дополнительную практическую проблему вызывает и изменившаяся за последние десятилетия система недропользования. Сложившиеся практики выделения лицензионных участков, как правило, полностью игнорируют геологические факторы. Как следствие границы лицензионных участков пересекают границы литофациальных зон, тектонических элементов разных порядков и иногда границы локальных объектов. Пересекаются и границы расчетных и эталонных участков, используемых при оценке ресурсов традиционными методами. Вследствие этого в нефтегазовой геологии возникла новая постановка задачи прогноза — оценка ресурсов УВ для территории произвольной формы.

Неопределенность прогноза сравнительно плохо изученных нефтегазоносных систем определяется неточностью их геологических моделей, несовершенством аппарата прогноза и естественной стохастичностью процессов нефтидогенеза и формирования скоплений нафтидов. В ходе развития методических основ количественного прогноза существенные и часто непродуктивные усилия тратятся на использование изощренного математического аппарата и достижение оценок с минимальной формальной неопределенностью. Вопросу о влиянии на точность прогноза стохастических характеристик самих нефтегазоносных систем и протекающих в них процессов уделялось недостаточно внимания. Анализ природы и масштабов естественной стохастичности нефтегазоносных систем чрезвычайно важен для выяснения естественных и неустранимых ограничений на точность прогноза. Здесь нужны дополнительные исследования.

В районах и комплексах с высокой степенью освоенности основным резервом прироста запасов являются мелкие и мельчайшие скопления. Прогноз их числа и величины сосредоточенных в них ресурсов базируется на установленных эмпирически законах распределения скоплений УВ по крупности (РСК). В преобладающем числе отечественных исследований предполагается, что степенной закон РСК сохраняется в области мелких и мель-

чайших скоплений и имеет те же параметры, что и для более крупных скоплений. Прогноз в этом случае носит экстраполяционный характер. В то же время анализ сравнительно хорошо изученных нефтегазовых систем позволяет предположить, что для ряда из них эта закономерность нарушается [27]. Для выяснения этого вопроса и более надежного прогноза в области мелких и мельчайших скоплений важно более глубоко исследовать механизмы формирования РСК.

В ситуациях реального прогноза формальные ограничения на полноту и достоверность исходной информации часто не выполняются (недостаточное число эталонов, неизвестна точность определения прогностических параметров, не соблюдаются или не проверяемы требования к характеру их распределения и т. д.). В этих случаях специалисты, выполняющие прогноз, вынуждены явно или, что значительно хуже, в скрытой форме использовать субъективные, экспертные оценки. Для определения достоверности результатов прогноза степень влияния экспертных оценок на конечный результат должна быть представлена в явном виде. Последнее условие выполняется далеко не всегда. Кроме того, и формально корректное применение полученных эмпирических зависимостей может приводить к неверным оценкам, особенно при экстраполяционном прогнозе. При применении высокоформализованных методик прогноза следует полнее и в явном виде учитывать естественные ограничения на результаты прогноза — границы областей определения прогностических моделей, законы сохранения и т. д.

В ходе оценок, в том числе и выполненных в Российской Федерации в последние полтора десятилетия, не всегда применяются наиболее современные методы, адекватные достигнутому состоянию теории и степени изученности оцениваемых объектов. Необходимо комплексирование альтернативных методик оценки, что предусматривается существующим методическим руководством, но практически не применяется.

При оценках крупных территорий ранга провинции исследования их разных частей выполняют разные группы исполнителей (часто формируемые по административному признаку), что приводит к рассогласованию геологических моделей, применяемых методик и результатов. При такой организации работ необходимо директивно предусматривать согласование методик и перекрестную оценку выбранных геологических объектов в смежных зонах.

Вероятностные подходы применяются крайне редко и непоследовательно, что не позволяет объективно представить точность выполненных оценок и связанных с этим рисков планирования геолого-разведочных работ на нефть и газ.

Наконец одной из существенных организационных проблем развития методологии и методик

количественного прогноза перспектив нефтегазоносности представляется отсутствие современного варианта «Методического руководства». Последнее

издание такого рода вышло в 2000 г. [7] и очевидно требует приведения в соответствие с современными реалиями.

Литература

1. *Бурштейн Л.М.* Методы количественной оценки перспектив нефтегазоносности (на примере седиментационных бассейнов Сибири). – Новосибирск, 2011. – 440 с.
2. *Конторович А.Э., Фотиади Э.Э., Демин В.И., Леонтович Б.В., Растегин А.А.* Прогноз месторождений нефти и газа. – М. : Недра. – 1981. – 350 с.
3. *Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Гуревич Г.С., Демин В.И., Моделевский М.С., Растегин А.А., Страхов И.А., Вымятнин А.А., Лившиц В.Р.* Количественная оценка перспектив нефтегазоносности слабоизученных регионов. – М. : Недра, 1988. – 223 с.
4. *Крылов Н.А.* Введение в нефтегазовую ресурсологию. – М. : ВНИИГАЗ, 2009. – 99 с.
5. *Лившиц В.Р.* Математические модели распределения и выявления ресурсов углеводородов в крупных осадочных бассейнах. – Новосибирск : ИНГГ СО РАН, 2011. – 219 с.
6. *Методические основы прогнозирования нефтегазоносности / Под ред. Н.И. Буялова, В.Д. Наливкина* – М. : Недра, 1990. – 156 с.
7. *Методическое руководство по количественной и экономической оценке ресурсов нефти, газа и конденсата России.* – М. : Изд-во ВНИГНИ, 2000. – 189 с.
8. *Скоробогатов В.А., Соин Д.А.* Потенциальные ресурсы углеводородов: методы и практика оценок величины и структуры, достоверность и подтверждаемость при поисково-разведочных работах. – М. : Газпром ВНИИГАЗ, 2018. – 166 с.
9. *Шпильман В.И.* Количественный прогноз нефтегазоносности. – М. : Недра, 1982. – 215 с.
10. *Бурштейн Л.М., Конторович А.Э., Лившиц В.Р., Моисеев С.А., Ярославцева Е.С.* Вероятностная оценка перспективных ресурсов гелия центральных и южных районов Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции // Геология и геофизика – 2020. – Т. 61. – № 3. – С. 400–408. DOI: 10.15372/GiG2019172.
11. *Бурштейн Л.М., Дешин А.А., Лившиц В.Р., Ершов С.В., Козырев А.Н., Сафронов П.И., Седых А.Н.* Методика комплексирования оценок ресурсов углеводородов на примере нижнемеловых комплексов Енисей-Хатангской нефтегазоносной области // Нефтегазовая геология. Теория и практика – 2023. – Т. 18. – № 4. – С. 1–34. DOI: 10.17353/2070-5379/38_2023.
12. *Варламов А.И., Афанасенков А.П., Лоджевская М.И., Кравченко М.Н., Шевцова М.И.* Ресурсный потенциал углеводородов — основа развития топливно-энергетического комплекса России // Геология нефти и газа. – 2016. – № 3. – С. 3–13.
13. *Варламов А.И., Афанасенков А.П., Виценовский М.Ю., Давыденко Б.И., Иутина М.М., Кравченко М.Н., Мельников П.Н., Пороскун В.И., Скворцов М.Б., Фортунатова Н.К.* Состояние и пути наращивания сырьевой базы углеводородов в Российской Федерации // Геология нефти и газа. – 2018. – № 3. – С. 5–25. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-3-5-25.
14. *Конторович А.Э., Лившиц В.Р.* Новые методы оценки, особенности структуры и пути освоения прогнозных ресурсов нефти зрелых нефтегазоносных провинций (на примере Волго-Уральской провинции) // Геология и геофизика. – 2017. – № 12. – С. 1835–1852. DOI: 10.15372/GiG20171201.
15. *Конторович А.Э., Лившиц В.Р.* Современные методы количественной оценки структуры ресурсов углеводородов крупных нефтегазоносных бассейнов // Геология и геофизика – 2025. – Т. 66. – № 2. – С. 197–207. DOI: 10.15372/GiG2024156.
16. *Конторович А.Э., Лившиц В.Р., Бурштейн Л.М., Курчиков А.Р.* Оценка начальных и прогнозных (перспективных и прогнозируемых) геологических и извлекаемых ресурсов нефти Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции и их структуры // Геология и геофизика – 2021. – Т. 62. – № 5. – С. 711–726. DOI: 10.15372/GiG2020196.
17. *Мельников П.Н., Соловьев А.В., Скворцов М.Б., Грушевская О.В., Уварова И.В., Кравченко М.Н., Шиманский С.В., Козлова А.В.* Основные результаты геолого-разведочных работ на углеводородное сырье в Арктической зоне Российской Федерации в 2020–2022 гг. и перспективы ее дальнейшего освоения // Геология нефти и газа. – 2024. – № 3. – С. 5–18. DOI: 10.47148/0016-7894-2024-3-5-18.
18. *Морозов В.Ю., Сапьяник В.В.* Актуальные проблемы освоения нефтегазового потенциала Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 2018. – № 3. – С. 27–36.
19. *Морозов В.Ю., Важенина О.А., Кулагина С.Ф., Нежданов А.А., Огибенин В.В., Пуртова И.П., Русаков П.С., Тригуб А.В., Тимчук А.С.* Направления и методология изучения «остаточного» углеводородного потенциала Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 2023. – № 4. – С. 104–119. DOI: 10.41748/0016-7894-2023-4-104-119.
20. *Скоробогатов В.А., Пятницкая Г.Р., Соин Д.А., Скоробогатко А.Н.* Опыт оценок потенциальных ресурсов свободного газа осадочных бассейнов России и их подтверждаемость при поисково-разведочных работах // Геология нефти и газа. – 2018. – № 4с. – С. 59–65. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-4с-59-65.
21. *Состояние и перспективы использования ресурсной базы углеводородного сырья Западной Сибири / Под ред. В.Ю. Морозова.* – Тюмень: ЗапСибНИИГГ, 2021. – 248 с.
22. *Вассоевич Н.Б., Архипов А.Я., Бурлин Ю.К.* Нефтегазоносный бассейн — основной элемент нефтегеологического районирования крупных территорий // Вестник МГУ. Сер. 4, Геология. – 1970. – № 5. – С. 13–24.
23. *Бакиров А.А.* Геологические принципы районирования нефтегазоносных территорий // Принципы нефтегеологического районирования в связи с прогнозированием нефтегазоносности недр. – М. : Недра, 1976. – С. 16–52.

24. *Конторович А.Э.* Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности // Тр. СНИИГГиМС. – М. : Недра, 1976. – Вып. 229. – 250 с.
25. *Галушкин Ю.И.* Моделирование осадочных бассейнов и оценка их нефтегазоносности. – М. : Научный мир, 2007. – 456 с.
26. *Hantschel T., Kauerauf A.I.* Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling. – Heidelberg, Germany: Springer, 2009. – 485 с.
27. *Бурштейн Л.М.* Статистические оценки параметров распределения скоплений нефти по величине в слабоизученных седиментационных бассейнах // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47. – № 9. – С. 1013–1023.
28. *Галкин В.И., Жуков Ю.А., Шишкин М.А.* Применение вероятностных моделей для локального прогноза нефтегазоносности. – Екатеринбург : Ин-т экологии и генетики микроорганизмов, 1992. – 108 с.

References

1. *Burshtein L.M.* Metody kolichestvennoi otsenki perspektiv neftegazonosnosti (na primere sedimentatsionnykh basseinov Sibiri) [Methods for quantifying oil and gas potential (using the example of Siberian sedimentation basins)]. Novosibirsk, 2011. 440 p. In Russ.
2. *Kontorovich A.E., Fotiadi E.E., Demin V.I., Leontovich B.V., Rastegin A.A.* Prognoz mestorozhdenii nefiti i gaza [Prediction of oil and gas fields]. Moscow: Nedra; 1981. 350 p. In Russ.
3. *Kontorovich A.E., Burshtein L.M., Gurevich G.C., Demin V.I., Modelevskii M.C., Rastegin A.A., Strakhov I.A., Vymyatnin A.A., Livshits V.R.* Kolichestvennaya otsenka perspektiv neftegazonosnosti slaboizuchennykh regionov [Quantitative assessment of oil and gas potential in poorly studied regions]. Moscow: Nedra, 1988. 223 p. In Russ.
4. *Krylov N.A.* Vvedenie v neftegazovuyu resursologiyu [Introduction to oil and gas resource management]. Moscow: VNIIGAZ, 2009. 99 p. In Russ.
5. *Livshits V.R.* Matematicheskie modeli raspredeleniya i vyyavleniya resursov uglevodorodov v krupnykh osadochnykh basseynakh [Mathematical models of distribution and identification of hydrocarbon resources in large sedimentary basins]. Novosibirsk: INGG SO RAN, 2011. 219 p. In Russ.
6. *Methodicheskie osnovy prognozirovaniya neftegazonosnosti* [Methodological foundations of forecasting oil and gas potential]. In: Buyalova N.I., Nalivkina V.D., ed. Moscow: Nedra, 1990. 156 p. In Russ.
7. *Methodicheskoe rukovodstvo po kolichestvennoi i ehkonomicheskoi otsenke resursov nefiti, gaza i kondensata Rossii* [Methodological guide to quantitative and economic assessment resources of oil, gas and condensate in Russia]. Moscow: VNIGNI; 2000. 189 p. In Russ.
8. *Skorobogatov V.A., Soin D.A.* Potentsial'nye resursy uglevodorodov: metody i praktika otsenok velichiny i struktury, dostovernost' i podtverzhdaemost' pri poiskovo-razvedochnykh rabotakh [Potential hydrocarbon resources: methods and practice of estimating size and structure, reliability and confirmability during exploration]. Moscow : Gazprom VNIIGAZ, 2018. 166 p. In Russ.
9. *Shpil'man V.I.* Kolichestvennyi prognos neftegazonosnosti [Quantitative forecast of oil and gas potential]. Moscow: Nedra, 1982. 215 p. In Russ.
10. *Burshtein L.M., Kontorovich A.E., Livshits V.R., Moiseev S.A., Yaroslavtseva E.S.* Probabilistic Estimation of the Helium Resources in the Central and Southern Areas of the Lena–Tunguska Petroleum Province. *Geologiya i geofizika*. 2020;61(3):322–329. DOI: 10.15372/RGG2019172.
11. *Burshtein L.M., Deshin A.A., Livshits V.R., Ershov S.V., Kozyrev A.N., Safronov P.I., Sedykh A.N.* Methodology for integrating estimates of hydrocarbon resources on the example of the lower cretaceous complexes of the Yenisey-Khatanga oil and gas region. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*. 2023;18(4):1–34. DOI: 10.17353/2070-5379/38_2023. In Russ.
12. *Varlamov A.I., Afanasenkov A.P., Lodzhevskaya M.I., Kravchenko M.N., Shevtsova M.I.* Hydrocarbon resources potential — the backbone of Russian fuel-and-energy sector development. *Geologiya nefiti i gaza*. 2016;(3):3–13. In Russ.
13. *Varlamov A.I., Afanasenkov A.P., Vitsenovskii M.YU., Davydenko B.I., Lutina M.M., Kravchenko M.N., Mel'nikov P.N., Poroskun V.I., Skvortsov M.B., Fortunatova N.K.* Status and ways to buildup the hydrocarbon raw materials base in the Russian Federation. *Geologiya nefiti i gaza*. 2018;(3):5–25. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-3-5-25 In Russ.
14. *Kontorovich A.E., Livshits V.R.* New methods of assessment, structure, and development of oil and gas resources of mature petroleum provinces (Volga-Ural province). *Russian Geology and Geophysics*. 2017;(12):1453-1467. DOI: 10.15372/GiG20171201. In Russ.
15. *Kontorovich A.E., Livshits V.R.* Modern methods of quantitative assessment of the structure of hydrocarbon resources of large petroleum basins. *Geologiya i geofizika*. 2025;66(2):177–187. DOI: 10.2113/RGG20244791.
16. *Kontorovich A.E., Livshits V.R., Burshtein L.M., Kurchikov A.R.* Assessment of the Initial, Promising, and Predicted Geologic and Recoverable Oil Resources of the West Siberian Petroleum Province and Their Structure. *Geologiya i geofizika*. 2021;62(5):576–588. DOI: 10.2113/RGG20204302.
17. *Mel'nikov P.N., Solov'ev A.V., Skvortsov M.B., Grushevskaya O.V., Uvarova I.V., Kravchenko M.N., Shimanskii S.V., Kozlova A.V.* Main results of geological exploration for hydrocarbons in the Arctic zone of the Russian Federation in 2020–2022 and prospects for its further development. *Geologiya nefiti i gaza*. 2024;(3):5–18. DOI: 10.47148/0016-7894-2024-3-5-18. In Russ.
18. *Morozov V.Yu., Sapyanik V.V.* Current problems of the Western Siberia petroleum potential unlocking. *Geologiya nefiti i gaza*. 2018;(3):27–36. In Russ.
19. *Morozov V.Yu., Vazhenina O.A., Kulagina S.F., Nezhdanov A.A., Ogibenin V.V., Purtova I.P., Rusakov P.S., Trigub A.V., Timchuk A.S.* Studies of “remaining” hydrocarbon potential of Western Siberia: general trends and methodology. *Geologiya nefiti i gaza*. 2023;(4):104–119. DOI: 10.41748/0016-7894-2023-4-104-119. In Russ.

20. Skorobogatov V.A., Pyatnitskaya G.R., Soin D.A., Skorobogat'ko A.N. Estimation of free gas potential resources in the Russian sedimentary basins and their verifiability by exploration and prospecting activities. *Geologiya nefti i gaza*. 2018;(4s):59–65. DOI 10.31087/0016-7894-2018-4s-59-65. In Russ.
21. *Sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya resursnoi bazy uglevodorodnogo syr'ya Zapadnoi Sibiri* [The state and prospects of using the hydrocarbon resource base of Western Siberia]. In: V.Yu. Morozova., ed. Tyumen': ZapSibNIIGG, 2021. 248 p. In Russ.
22. Vassoevich N.B., Arkhipov A.Ya., Burlin Yu.K. Neftegazonosnyi bassein — osnovnoi element neftegeologicheskogo raionirovaniya krupnykh territorii [The oil and gas basin is the main element of the oil and geological zoning of large territories]. *Vestnik MGU. Ser. 4, Geologiya*. 1970;5. pp. 13–24. In Russ.
23. Bakirov A.A. Geologicheskie printsipy raionirovaniya neftegazonosnykh territorii [Geological principles of zoning of oil and gas-bearing territories]. In: Printsipy neftegeologicheskogo raionirovaniya v svyazi s prognozirovaniem neftegazonosnosti nedr. Moscow: Nedra, 1976. pp. 16–52. In Russ.
24. Kontorovich A.E. Quantitative prediction of oil and gas potential: geochemical methods. SNIIGGiMS proceedings. Moscow: Nedra; 1976. Issue 229. 250 p. In Russ.
25. Galushkin Yu.I. Modelirovanie osadochnykh basseinov i otsenka ikh neftegazonosnosti [Modeling of sedimentary basins and assessment of their oil and gas potential]. Moscow: Nauchnyi mir; 2007. 456 p. In Russ.
26. Hantschel T., Kauerauf A.I. Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling. Heidelberg, Germany: Springer, 2009. 485 p.
27. Burshtein L.M. Statistical estimation of parameters of size distribution of oil fields in poorly explored sedimentary basins. *Geologiya i geofizika*. 2006;47(9):1013–1023. In Russ.
28. Galkin V.I., Zhukov Yu.A., Shishkin M.A. Primenenie veroyatnostnykh modelei dlya lokal'nogo prognoza neftegazonosnosti [Probabilistic models in local prediction of petroleum potential]. Ekaterinburg: In-t ehkologii i genetiki mikroorganizmov; 1992. 108 p. In Russ.

Информация об авторах

Бурштейн Лев Маркович

Доктор геолого-минералогических наук,
член-корреспондент РАН,
главный научный сотрудник, заведующий лабораторией
ФГБУН «Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А.А. Трофимука СО РАН»,
630090 Новосибирск, пр-кт Коптюга, д. 3
e-mail: levi@ipgg.sbras.ru
ORCID ID: 0000-0002-9865-5288
Scopus ID: 7004524016
SPIN-код: 2376-280
AuthorID: 68543

Сотнич Инга Сергеевна

Кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник
ФГБУН «Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А.А. Трофимука СО РАН»,
630090 Новосибирск, пр-кт Коптюга, д. 3
e-mail: SotnichIS@ipgg.sbras.ru
Scopus ID: 57189490058
SPIN-код: 9751-3616
AuthorID: 895839

Information about authors

Lev M. Burshtein

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,
Corresponding Member of the RAS
Chief researcher, Head of laboratory
The Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
3, prospekt Koptyuga, Novosibirsk, 630090, Russia
e-mail: levi@ipgg.sbras.ru
ORCID ID: 0000-0002-9865-5288
Scopus ID: 7004524016
SPIN-код: 2376-280
AuthorID: 68543

Inga S. Sotnich

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Senior Researcher
The Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
3, prospekt Koptyuga, Novosibirsk, 630090, Russia
e-mail: SotnichIS@ipgg.sbras.ru
Scopus ID: 57189490058
SPIN-код: 9751-3616
AuthorID: 895839