

**ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ, РАЗВЕДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ /
GEOLOGY, PROSPECTING, EXPLORATION AND EXPLOITATION OF OIL AND GAS FIELDS**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.63>

**К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ
ЛОКАЛЬНЫХ СТРУКТУР**

Обзор

Бондаренко О.Г.^{1,*}

¹ Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (o.g.bondarenko-2008[at]mail.ru)

Аннотация

Задача удовлетворить 40-% рост спроса на энергетические ресурсы в течение следующих 20 лет является достаточно сложной. Однако за последние несколько лет нефтегазовая отрасль добилась увеличения спроса на 50%. В 1981 году мировые запасы нефти составляли 700 миллиардов баррелей, к 2022 году запасы выросли до 1 870 миллиардов баррелей. При этом новые месторождения все чаще находятся в отдаленных регионах и сложных условиях, например, глубоко под водой или в нетрадиционных коллекторах, таких как сланцевая нефть и сланцевый газ. Другими словами, запасы нефти и газа достаточны для удовлетворения будущих потребностей, но новые проекты будут более масштабными, удаленными и сложными. В связи с этим особую актуальность приобретает задача оценки нефтегазоперспективных локальных структур, чему и посвящена данная статья. В статье представлена авторская методика комплексной оценки проектов разработки новых нефтегазовых месторождений, которая базируется на поисково-разведочных данных и экономических показателях. Формализована схема составления рейтинговой оценки нефтегазоперспективности локальных структур с использованием облачной модели, реляционного анализа, отклонения центра тяжести облака и линейно-взвешенного метода.

Ключевые слова: нефтегазоперспективные локальные структуры, рейтинговая оценка, геологоразведка, капитальные затраты.

**TO THE ISSUE OF DEVELOPING A RATING SYSTEM FOR OIL AND GAS PROSPECTIVE LOCAL
STRUCTURES**

Review article

Bondarenko O.G.^{1,*}

¹ Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (o.g.bondarenko-2008[at]mail.ru)

Abstract

The task of fulfilling a 40% increase in demand for energy resources over the next 20 years is quite challenging. However, the oil and gas industry has achieved a 50% increase in demand over the past few years. In 1981, world oil reserves totalled 700 billion barrels; by 2022, reserves have risen to 1,870 billion barrels. Meanwhile, new fields are increasingly located in remote regions and challenging environments, such as deep underwater or in unconventional reservoirs such as shale oil and shale gas. In other words, oil and gas reserves are sufficient to meet future needs, but new projects will be larger, more remote and more complex. In this regard, the task of assessing oil and gas promising local structures is of particular relevance, which is the subject of this article. The paper presents the author's methodology of integrated evaluation of new oil and gas field development projects, which is based on prospecting and exploration data and economic indicators. The scheme of rating assessment of oil and gas prospectivity of local structures using cloud model, relational analysis, deviation of the cloud centre of gravity and linear weighted method is formalized.

Keywords: oil and gas promising local structures, rating assessment, geological exploration, capital expenditures.

Введение

Оценка и приобретение новых активов для разработки нефтегазовых месторождений крайне важны для нефтяных компаний, чтобы участвовать в международной конкуренции и использовать хорошие инвестиционные возможности. Точная идентификация геологических перспектив и ресурсного потенциала является основой для развития бизнеса по сотрудничеству в нефтегазовой сфере [1]. Крупные международные нефтяные компании и исследовательские институты проводят независимые исследования, но большинство результатов являются закрытой информацией. Геологическая служба США (USGS) осуществляет оценку ресурсов нефти и газа в некоторых американских и мировых осадочных бассейнах, используя в качестве единицы оценки нефтяную систему. Международное энергетическое агентство (МЭА) ежегодно публикует энергетический прогноз. ВР обновляет данные о состоянии мировых запасов, добычи и потребления нефти и газа. Эти данные являются основой для анализа потенциала для постановки геологоразведочных работ на углеводороды, оценки спроса, а также для разработки энергетических стратегий.

Но в то же время прогноз нефтегазоносности выявленных и подготовленных к геологоразведочным работам локальных структур остается открытым вопросом. Проблема заключается в обеспечении научности принимаемых решений и экономической целесообразности реализуемых региональных инвестиционных проектов, особенно в тех случаях, когда новые разработки относятся к различным типам, доступность данных ограничена, а сроки оценки

сжаты. Кроме того, на принятие решений часто влияет широкий спектр условий, заложенных в контрактах с распорядителем недр, финансовое и налоговое регулирование, а также факторы политической и социальной стабильности. Поэтому для быстрого принятия решений по проектам разработки нефтегазовых месторождений необходима комплексная и эффективная система оценки и выбора, сочетающая в себе различные индикаторы и методы оптимизации.

Основополагающим аспектом принятия решений по оценке проектов разработки новых нефтегазовых месторождений является определение набора показателей, которые могут эффективно отражать различные характеристики проекта. В настоящее время ученые используют такие методы, как анализ главных компонент, сравнительный анализ, нечеткая логика и теория «серых» систем для расчета показателей в таких аспектах, как качество нефтегазовых пластов, экономическая ценность и риск [2]. Помимо этого, оценка потенциала неразведанных месторождений нефти и газа может быть выполнена и представлена в вероятностном формате, отражающем присущие залежам неопределенности и риски. Кривая кумулятивной вероятности показывает шансы выявления возможных объемов углеводородов, риск того, что потенциал мал или отсутствует, среднее или ожидаемое значение и «высокий» потенциал.

Тем не менее, не хватает дискуссий по общим показателям оценки для проектов нефтегазовых месторождений. В данном контексте, по мнению автора, внимания заслуживает рейтинговая оценка, в рамках которой могут учитываться особенности геологического строения, состояние инфраструктуры, технологии бурения, существенные географические различия (в частности проведение геологоразведочных работ на суше или акватории).

Таким образом, вышеприведенные факты свидетельствуют об актуальности, теоретической и практической значимости темы данной статьи.

Подробно и последовательно рейтинговая оценка нефтегазоперспективных локальных структур обоснована в работах Николаева М.Н., Шмельковой Т.В., Камполи И.А., Калачевой Д.Ю., Sinem Yavuz, Roman Pevzner, Sofya Popik, Konstantin Tertyshnikov, где авторами сделана попытка перехода к количественной оценке нефтегазоперспективных объектов.

В области разработки месторождений нефти и газа применение облачной модели для оценки резервуаров, определения состояния безопасности систем управления нефтегазовой промышленностью описывают в своих публикациях Смирнов О.А., Бородкин В.Н., Лукашов А.В., Плавник А.Г., Сушкова И.А., Погрецкий А.В., Goran Shirzad, Zahra Sadeghzadeh.

Над обоснованием методов комплексной оценки планирования разработки морских нефтяных месторождений, успешно интегрируя нечеткость, случайность и неопределенность данных, трудятся Луценко О.О., Папоротная А.А., Васильев С.А., Куранов Ю.В., Панарин И.А., Xingmin Li, Changchun Chen, Zhangcong Liu, Yongbin Wu, Xiaoxing Shi.

Однако, несмотря на имеющиеся труды и наработки, ряд вопросов в данной предметной плоскости остаются открытыми. В частности, в дополнительной проработке нуждаются проблемы, связанные с обработкой неточных и неопределенных данных для отражения многогранных характеристик сложно построенных месторождений нефти и газа. Также расширения и обоснования требуют методы оценки, базирующиеся на междисциплинарном подходе, который учитывает различные перспективы месторождения, такие как технические, финансовые и юридические.

Таким образом, цель статьи заключается в рассмотрении особенностей разработки системы рейтинговой оценки нефтегазоперспективных локальных структур.

Основные результаты

На сегодняшний день существуют различные подходы к выбору показателей для оценки запасов нефтегазоносных бассейнов и анализа возможностей их разработки. Так, наиболее широко распространённым является подход, в рамках которого ученые выделяют 3 группы индикаторов, анализ которых необходим для принятия решения о перспективности локальных структур [3]:

1. Геологические данные – эти данные предоставляют информацию о потенциальном объеме и качестве запасов, а также о местоположении и доступности. В процессе оценки необходимо учитывать геологические характеристики участка, такие как глубина залегания и мощность пласта, проницаемость пород коллектора и наличие ловушек.

2. Экономические индикаторы – к данной группе относятся текущие и ожидаемые будущие цены на нефть и газ, стоимость геологоразведки и добычи, а также потенциальная прибыль от инвестиций. Кроме того, исследователи делают акцент на том, что в процессе оценки необходимо учитывать политическую и экономическую стабильность региона, в котором находятся ресурсы. И если экономические индикаторы относятся к группе количественных и измеримых показателей, то политическая конъюнктура предполагает качественные, экспертные оценки, которые в большинстве своем субъективны и неточны.

3. Нормативно-правовая база – это еще одна группа качественных критериев, которые включают в себя осведомленность о действующих законах и нормативных актах, регулирующих геологоразведку и добычу нефти и газа. Понимание нормативно-правовой базы имеет решающее значение для оценки рисков и потенциальной доходности инвестиций в нефтегазовый сектор.

Отдельного внимания заслуживает подход к рейтинговой оценке, разработанный зарубежными учеными, которые предлагают использовать индекс комплексной оценки проектов разработки новых нефтегазовых месторождений. Этот индекс разделен на три основных группы показателей: технические, экономические и показатели риска, включая 27 вторичных показателей, как показано на рис. 1.

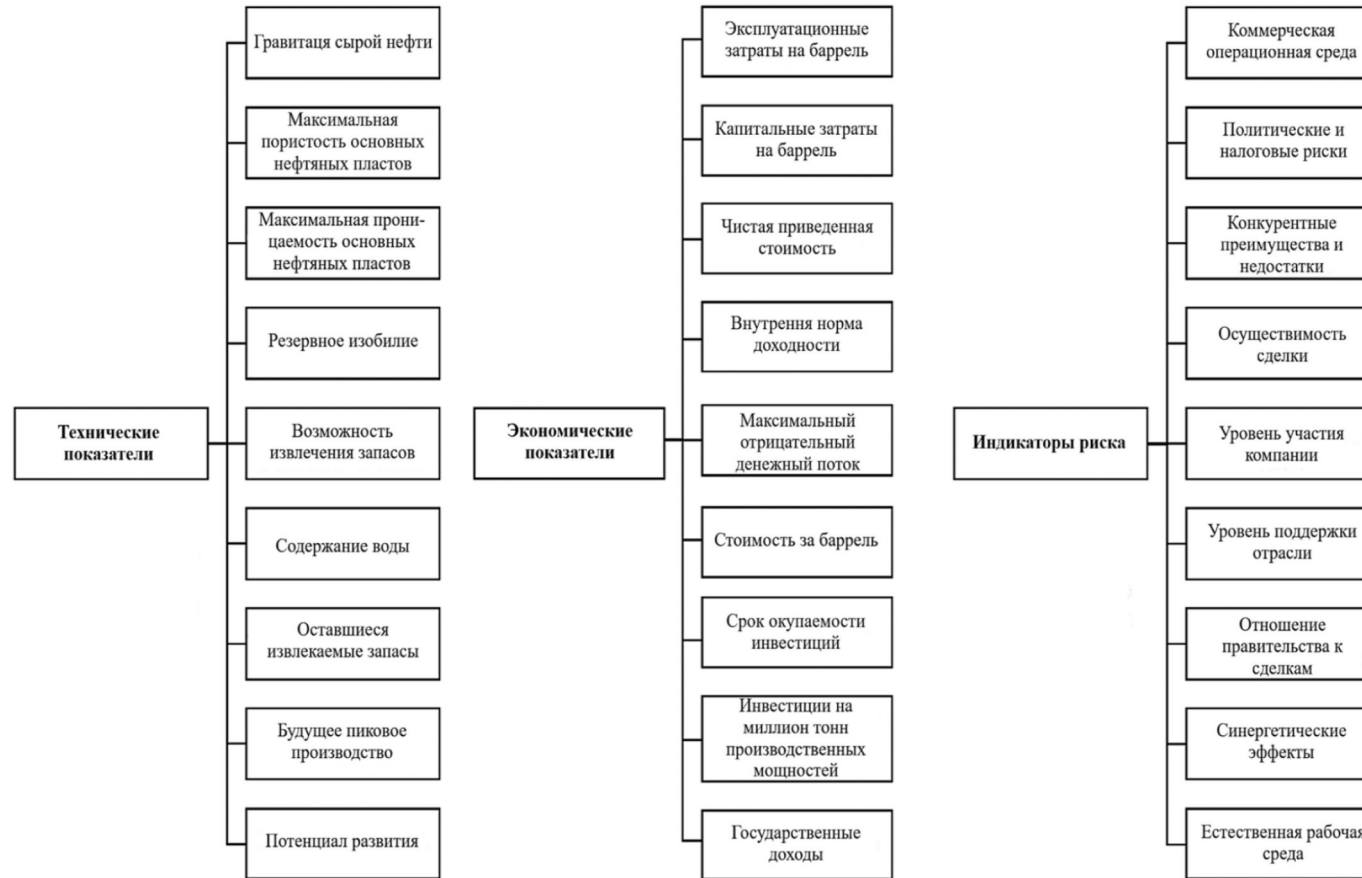


Рисунок 1 - Система рейтинговых показателей для принятия решений о проектах разработки новых нефтегазовых месторождений
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.63.1>

Авторами выделено 17 количественных показателей, включая плотность нефти, пористость, проницаемость, объем запасов, остаточные извлекаемые запасы, будущий пик добычи, коэффициент извлечения запасов, содержание воды, операционные затраты на баррель, капитальные затраты на тонну, инвестиции в миллион тонн мощности, чистую приведенную стоимость, внутреннюю норму прибыли, долю государства в доходах, период окупаемости инвестиций и стоимость тонны продукции. Также обосновано 10 качественных показателей, включая потенциал развития, условия коммерческой деятельности, политические и налоговые риски, конкурентные преимущества и недостатки, целесообразность сделки, уровень участия компании, уровень согласия отрасли, отношение правительства к сделке, синергетический эффект и природные условия [4].

На фоне традиционных трех групп рейтинговых показателей, отличным является подход китайских ученых, которые выделили четыре группы [5]:

1. Местоположение. Одним из основных факторов, который может повлиять на затраты при добыче нефти и газа, является местоположение буровой площадки. Например, бурение в отдаленном районе с ограниченным доступом к ресурсам может значительно увеличить расходы. С другой стороны, бурение в районе с развитой инфраструктурой может помочь снизить затратную часть.

2. Геология. Геологическое строение также может сыграть значительную роль в оценке нефтегазоперспективных локальных структур. Определенные типы горных пород могут быть более сложными для бурения, что увеличит расходы и снизит привлекательность проекта. Кроме того, глубина и сложность конструкции скважины также могут повлиять на окончательный вывод относительно возможности добычи.

3. Технологии. Достижения в области технологий бурения могут помочь сделать месторождение более привлекательным для разработки. Например, использование горизонтального бурения и гидроразрыва пласта позволило добывать нефть и газ из ранее недоступных пластов. Это дает возможность сократить расходы за счет повышения эффективности и снижения потребности в дополнительной рабочей силе и технических ресурсах.

4. Регулирование. Государственное регулирование также оказывает значительное влияние на потенциал разработки месторождения. Например, нормативные акты, требующие дополнительных мер безопасности или защиты окружающей среды, могут снизить оценку привлекательности проекта. Кроме того, изменения в налоговом законодательстве также способны повлиять на осуществимость добычи.

Таким образом, основываясь на изучении существующих наработок, предлагаем авторский подход к рейтинговой оценке нефтегазоперспективных локальных структур. Комплексная оценка проектов разработки новых нефтегазовых месторождений базируется на создании системы оценочных показателей, при этом основное внимание уделяется исследованию методов оценки как для градации активов, так и для их ранжирования. Оценочные показатели разделены на три группы: поисковые, разведочные и экономические.

1. Поисковые коэффициенты:

– пространственное расположение. Этот показатель иногда может быть слишком расплывчатым, поскольку местонахождение в разных нефтегазоносных районах обуславливает разный потенциал локальных структур. Поэтому его следует заменить коэффициентом успешности по нефтегазоносным районам, который рассчитывается как отношение количества открытых месторождений к количеству исследованных структур [6];

– плотность ресурсов – данный показатель необходим в том случае, когда не подсчитаны ресурсы локального объекта;

– тип ловушки – этот фактор индивидуален для разных нефтегазоносных районов. Например, для акваторий малоизученных северных морей структурные (антиклинальные) ловушки ныне более перспективны, чем неструктурные;

– перспективность основного нефтегазоносного комплекса. Необходимо учитывать возможность эффективной добычи (приемлемой продуктивности) на месторождениях, сложенных различными типами коллекторов и, соответственно, рассчитывать окончательный результат по каждой структуре как сумму вероятных запасов по отдельным залежам с различными типами коллекторов. По территориям с доказанной продуктивностью этот коэффициент следует рассчитывать как долю месторождений, где тот или иной тип коллекторов продуктивен, к месторождениям, на которых все типы коллекторов полностью изучены бурением;

– амплитуда структуры. Обычно, увеличение амплитуды структуры является положительным фактором с точки зрения перспектив нефтегазоносности. Локальные структуры со значительной амплитудой являются более благоприятными для образования и сохранения залежей углеводородов. Кроме того, необходимо учитывать, что в случае, когда амплитуда локальной структуры незначительна и соизмерима с разрешающей способностью сейсморазведки, наличие самой структуры является неоднозначным [7].

2. Разведочные коэффициенты:

– площадь контура нефтегазоносности. Этот показатель, прежде всего, должен характеризовать величину прогнозируемого месторождения;

– объем ресурсов. Объем перспективных ресурсов целесообразно оценивать не в условных единицах (например, тоннах нефтяного эквивалента), а в тоннах (для нефти) или кубических метрах (для газа). При введении в рейтинговую оценку величины перспективных ресурсов необходимо также принимать во внимание то, что большие по размерам перспективные структуры с низкими коэффициентами, указывающими на вероятность существования месторождения в целом, могут иметь преимущество над более вероятными, но меньшими по запасам структурами [8]. Поэтому величину ожидаемых запасов по результатам будущих геологоразведочных работ следует оценивать, сравнивая только соизмеримые по вероятности существования залежей углеводородов структуры.

3. Экономические коэффициенты. Основным экономическим фактором является глубина залегания перспективных отложений, которая непосредственно влияет на стоимость бурения. Отметим, что для газовых залежей глубина

залегания косвенно входит в параметры подсчета запасов с положительным эффектом как фактор увеличения пластового давления.

Далее полученные показатели обрабатываются с использованием метода градации залежей, метода ранжирования залежей, которые в результате позволяют получить итоговую оценку нефтегазоперспективности анализируемой локальной структуры (рис. 2).

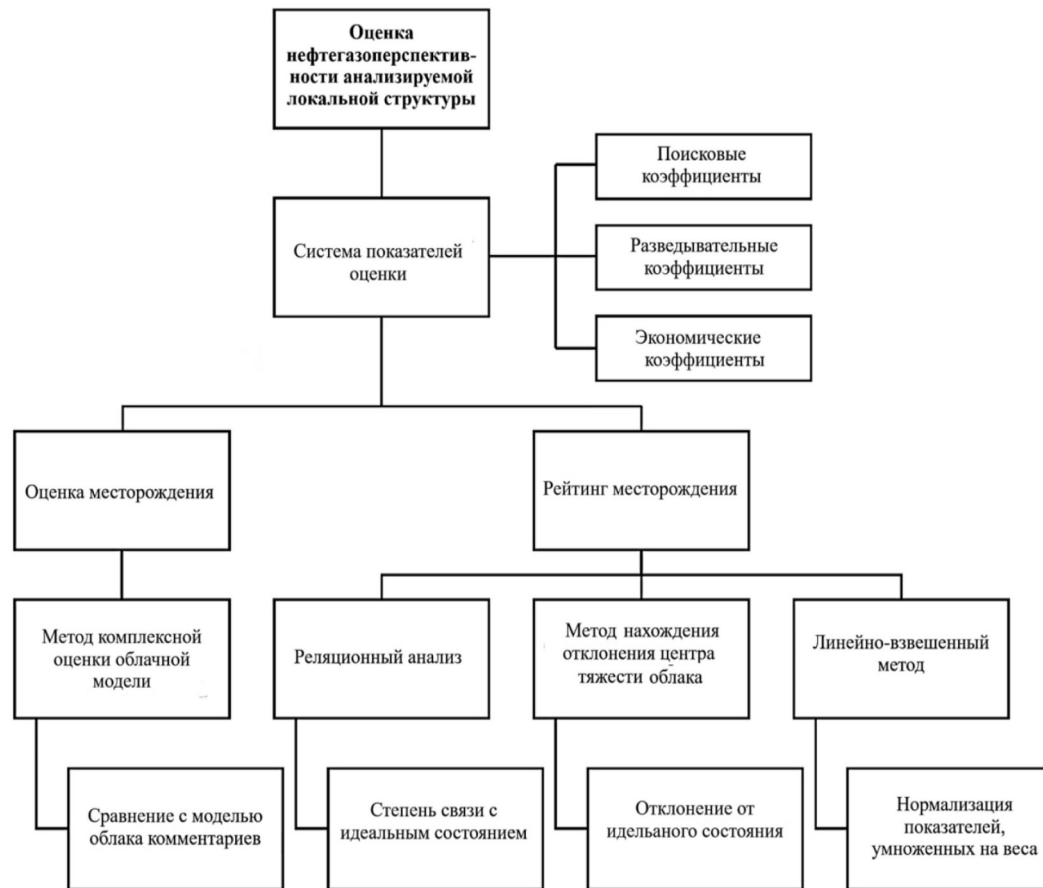


Рисунок 2 - Схема составления рейтинговой оценки нефтегазоперспективности локальной структуры
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.63.2>

Подводя итоги проведенному исследованию, можно сделать следующие выводы.

Заключение

Анализ нефтегазоперспективных локальных структур требует обширного обследования со стороны геологов, петрофизиков и геофизиков с акцентом на доступность сейсмических данных, их качество и наличие информации с месторождений-аналогов. На сегодняшний день существуют различные подходы и показатели, позволяющие провести оценку перспективности разработки того или иного месторождения. В статье представлен краткий обзор некоторых из наиболее распространенных концепций оценки, которые опираются на различные группы критериев и индикаторов. На основе проведенного анализа представлена авторская методика комплексной оценки проектов разработки новых нефтегазовых месторождений, которая базируется на поисковых, разведочных и экономических показателях. Также формализована схема составления рейтинговой оценки нефтегазоперспективности локальной структуры с использованием облачной модели, реляционного анализа, отклонения центра тяжести облака и линейно-взвешенного метода.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Алясеен М.Х. Методы прогнозной оценки нефтегазности на месторождениях Евфратского грабена / М.Х. Алясеен // Нефтегазовое дело. — 2021. — Т. 19, № 2. — С. 17–26.
2. Гладкова Е.В. Оценка ресурсов углеводородов пермского края на основе установленных закономерностей нефтегазности девонского терригенного комплекса / Е.В. Гладкова, Е.Е. Кожевникова // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. — 2021. — № 4 (41). — С. 134–138.
3. Zheng W. Numerical Simulations of Chemical-Assisted Steam Flooding in Offshore Heavy Oil Reservoirs after Water Flooding / W. Zheng, T. Fan // Geofluids. — 2021. — Vol. 1. — P. 56–62.
4. Wang Zh. Quantitative evaluation of unconsolidated sandstone heavy oil reservoirs based on machine learning / Zh. Wang, H. Tang // Geological Journal. — 2022. — Vol. 58. — P. 12–19.
5. Tan X. The Supercritical Multithermal Fluid Flooding Investigation: Experiments and Numerical Simulation for Deep Offshore Heavy Oil Reservoirs / X. Tan, W. Zheng // Geofluids. — 2021. — Vol. 20. — P. 34–39.
6. Татаринев И.А. Вероятностно-статистическая оценка зональной нефтегазности пермского свода по геохимическим критериям / И.А. Татаринев // Недропользование. — 2022. — Т. 22, № 1. — С. 2–8.
7. Пунанова С.А. О необходимости системного подхода к оценке перспектив нефтегазности осадочных бассейнов / С.А. Пунанова // Нефтяное хозяйство. — 2022. — № 4. — С. 10–13.
8. Оболкин А.П. Анализ сейсморазведочных исследований для оценки нефтегазности северо-востока Якутии / А.П. Оболкин, М.И. Слепцова, Р.Ф. Севостьянова // Успехи современного естествознания. — 2023. — № 12. — С. 193–198.
9. Чалова П.О. Применение характеристик рассеянного органического вещества пород для зонального прогноза нефтегазности северной части Башкирского свода / П.О. Чалова // Недропользование. — 2024. — Т. 24, № 3. — С. 112–119.
10. Behar F. Rock-Eval 6 Technology: Performances and Developments / F. Behar, V. Beaumont, H. Penteadó // Oil & Gas Science and Technology-revue De L'Institut Francais Du Petrole. — 2021. — Vol. 56. — P. 111–134.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Alyaseen M.H. Metody prognoznoj ocenki neftegazonosnosti na mestorozhdenijah Evfratskogo grabena [Methods of predictive assessment of oil and gas potential in the fields of the Euphrates graben] / M.H. Alyaseen // Neftegazovoe delo [Oil and Gas Business]. — 2021. — Vol. 19, № 2. — P. 17–26. [in Russian]
2. Gladkova E.V. Ocenka resursov uglevodorodov permskogo kraja na osnove ustanovlennykh zakonomernostej neftegazonosnosti devonskogo terrigennoho kompleksa [Assessment of hydrocarbon resources of the Perm territory on the basis of established patterns of oil and gas content of the Devonian terrigenous complex] / E.V. Gladkova, E.E. Kozhevnikova // Geologija i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala [Geology and Minerals of the Western Urals]. — 2021. — № 4 (41). — P. 134–138. [in Russian]
3. Zheng W. Numerical Simulations of Chemical-Assisted Steam Flooding in Offshore Heavy Oil Reservoirs after Water Flooding / W. Zheng, T. Fan // Geofluids. — 2021. — Vol. 1. — P. 56–62.
4. Wang Zh. Quantitative evaluation of unconsolidated sandstone heavy oil reservoirs based on machine learning / Zh. Wang, H. Tang // Geological Journal. — 2022. — Vol. 58. — P. 12–19.
5. Tan X. The Supercritical Multithermal Fluid Flooding Investigation: Experiments and Numerical Simulation for Deep Offshore Heavy Oil Reservoirs / X. Tan, W. Zheng // Geofluids. — 2021. — Vol. 20. — P. 34–39.

6. Tatarinov I.A. Veroyatnostno-statisticheskaja ocenka zonal'noj neftegazonosnosti permskogo svoda po geohimicheskim kriterijam [Probabilistic and statistical assessment of the zonal oil and gas potential of the Permian arch according to geochemical criteria] / I.A. Tatarinov // Nedropol'zovanie [Subsoil Use]. — 2022. — Vol. 22, № 1. — P. 2–8. [in Russian]
7. Punanova S.A. O neobходимosti sistemnogo podhoda k ocenke perspektiv neftegazonosnosti osadochnyh bassejnov [On the need for a systematic approach to assessing the prospects of oil and gas content of sedimentary basins] / S.A. Punanova // Neftjanoe hozjajstvo [Oil Industry]. — 2022. — № 4. — P. 10–13. [in Russian]
8. Obolkin A.P. Analiz sejsmorazvedochnyh issledovanij dlja ocenki neftegazonosnosti severo-vostoka Jakutii [Analysis of seismic surveys to assess the oil and gas potential of the North-east of Yakutia] / A.P. Obolkin, M.I. Sleptsova, R.F. Sevostyanova // Uspehi sovremennogo estestvoznanija [Successes of Modern Natural Science]. — 2023. — № 12. — P. 193–198. [in Russian]
9. Chalova P.O. Primenenie harakteristik rassejannogo organicheskogo veshhestva porod dlja zonal'nogo prognoza neftegazonosnosti severnoj chasti Bashkirskogo svoda [Application of the characteristics of scattered organic matter of rocks for the zonal forecast of oil and gas potential of the northern part of the Bashkir arch] / P.O. Chalova // Nedropol'zovanie [Subsurface Use]. — 2024. — Vol. 24, № 3. — P. 112–119. [in Russian]
10. Behar F. Rock-Eval 6 Technology: Performances and Developments / F. Behar, V. Beaumont, H. Penteadó // Oil & Gas Science and Technology-revue De L'Institut Francais Du Petrole. — 2021. — Vol. 56. — P. 111–134.