



ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

У.С. СЕРИКОВА¹, Э.М. АЛИЕВ², С.А. ГУРЯНОВ^{1,*}

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

² Институт нефти и газа Министерства науки и образования Азербайджанской Республики
ул. Ф. Амирова, 9, г. Баку, AZ1000, Азербайджан

АННОТАЦИЯ

Введение. В настоящее время стандартные технологии, применяемые в нефтегазовой отрасли, не могут обеспечить эффективного решения экологических задач. В данной работе рассмотрены технологии, которые могут обеспечивать высокую производительность при их решении.

Цель исследования. Рассмотрение технологий, которые могут обеспечивать высокую производительность при решении экологических задач.

Материалы и методы. Технологии искусственного интеллекта и внедрение цифровой трансформации при решении экологических задач, аэрокосмические методы и технологии, моделирование экологических систем и процессов.

Результаты. Проведенные исследования показывают, что Каспийский регион располагает значительным потенциалом для развития альтернативной энергетики. Так, суммарная ветровая энергия Каспийского моря, которая теоретически может быть использована на территории Азербайджанской Республики, оценивается в 157 ГВт, из которых до 35 ГВт находятся на мелководье (и, следовательно, не требуют серьезных финансовых затрат для использования) и 122 ГВт — в районе глубокой воды.

Заключение. Использование инновационных технологий в нефтегазовой промышленности приносит не только экологические, но и экономические выгоды. Снижение выбросов и оптимизация производства уменьшают расходы и риски устранения загрязняющих природу утечек. Одной из главных задач современности является переход к новой энергетической парадигме, основанной на технологиях, которые не способствуют изменению климата. Как важнейший вариант решения предлагается «энергоэкологическая революция».

Для мониторинга окружающей среды, в том числе загрязнения воздуха и выбросов в атмосферу парниковых газов, целесообразно внедрение трехуровневой системы мониторинга, диагноза и прогноза, включающей космический мониторинг, мониторинг с использованием беспилотных летательных аппаратов, мониторинг подземной геологической среды на базе геофизической обсерватории в реальном масштабе времени, мониторинг концентрации газов с помощью лазерной абсорбционной спектроскопии и технологии распределенных сенсорных сетей.

Ключевые слова: нефтегазодобывающая промышленность, экологическая безопасность, искусственный интеллект, низкоуглеродная энергетика, альтернативные источники энергии (АИЭ)

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Серикова У.С., Алиев Э.М., Гурянов С.А. Основные направления создания экологически безопасных технологий в нефтегазовой отрасли. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2024;66(4):66—79. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-4-66-79>

Статья поступила в редакцию 14.10.2024
Принята к публикации 07.11.2024
Опубликована 23.12.2024

* Автор, ответственный за переписку

MAIN DIRECTIONS IN THE DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TECHNOLOGIES FOR THE OIL AND GAS INDUSTRY

ULYANA S. SERIKOVA¹, EMIN M. ALIYEV², SANAN A. GURYANOV^{1,*}

¹ Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

² Institute of Oil and Gas of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan
9, F. Amirov str., Baku AZ1000, Azerbaijan

ABSTRACT

Background. The technologies currently used in the oil and gas industry cannot offer an effective solution to environmental problems. An alternative approach consists in the use of innovative technologies, which combine high productivity with environmental efficiency.

Aim. To review technologies that ensure high productivity in combination with solving environmental problems.

Materials and methods. Artificial intelligence technologies, implementation of digital transformation in solving environmental problems, aerospace methods and technologies, modeling of environmental systems and processes.

Results. The conducted studies revealed the significant potential of the Caspian region in terms of development of alternative energy. Thus, the total wind energy of the Caspian Sea, which theoretically can be used in the Republic of Azerbaijan, is estimated at 157 GW. Out of this potential, up to 35 GW and 122 GW lie in shallow-water (therefore, requiring no substantial expenses) and deep-water areas, respectively.

Conclusion. The use of innovative technologies in the oil and gas industry offers not only environmental but also economic benefits. Reduction of emissions and optimization of the production process decreases pollution risks and the costs associated with elimination of polluting leaks. One of the main challenges of our time is the transition to a new energy paradigm based on technologies that do not contribute to climate change. An energy and ecological revolution is proposed as the most important solution. For environmental monitoring, including air pollution and greenhouse gas emissions, it is advisable to implement a three-level system of monitoring, diagnosis, and forecasting. This system includes space monitoring; monitoring using unmanned aerial vehicles; monitoring of the underground geological environment based on a geophysical observatory in real time; monitoring gas concentrations using laser absorption spectroscopy and distributed sensor network technology.

Keywords: ecology, environment, Caspian region, ecosystem, oil and gas fields, anthropogenic activity, geological processes, degassing

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosures: no financial support was provided for this study.

For citation: Serikova U.S., Aliyev E.M., Guryanov S.A. Main directions in the development of environmentally friendly technologies for the oil and gas industry. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2024;66(4):66—79. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-4-66-79>

В настоящее время стандартные технологии, применяемые в нефтегазовой отрасли, не могут обеспечить эффективного решения экологических задач. Ниже рассмотрены технологии, которые могут обеспечивать высокую производительность при решении этих задач. Преимущество прорывных технологий состоит в том, что они могут обеспечивать высокую производительность при решении экологических задач.

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) и условия цифровой трансформации при решении экологических задач

Основными векторами развития в этом направлении являются:

- создание современных интерактивных сред для обеспечения сбора, систематизации и анализа всей оперативной информации в режиме реального времени и обеспечение на этой основе охраны окружающей среды при управлении процессом строительства скважин (месторождений) и разведки и добычи УВ;
- использование технологий экологически чистых производств, автоматизация на основе внедрения систем искусственного интеллекта;
- создание и внедрение новых ИИ-инструментов для дистанционного экологического мониторинга.

Основными цифровыми технологиями в настоящее время являются: Big Data, или «большие данные»; нейротехнологии и искусственный интеллект, системы распределенного реестра, квантовые технологии, новые производственные технологии, промышленный интернет, компоненты робототехники и сенсорики, технологии беспроводной связи, технологии виртуальной и дополненной реальности [1].

Цифровая модернизация производства — это процесс преобразования нефтегазового дела путем интеллектуализации производства, что приводит к массовой и масштабной смене моделей нефтегазового бизнеса и производства, наилучшие из которых переносятся на всю нефтегазовую экосистему.

Все более широкое внедрение методов искусственного интеллекта для обеспечения экологической безопасности приводит к растущему количеству и большей специализации моделей

искусственных нейронных сетей, настроенных на решение различных целевых задач [3].

Внедрение экологически чистых производств и информационных технологий в разработку и эксплуатацию месторождений нефти и газа требует решения большого комплекса задач. Следует особо отметить фундаментальную роль направления «Big Data» и внедрения «smart-технологии».

Новые технологии призваны повысить эффективность за счет повышения качества использования существующего энергopotенциала и быстрого реагирования на малейшие изменения окружающей среды. Это применение в развитии нефтегазовой промышленности стран, входящих, в Каспийский регион, нанотехнологий (нанопhotоника, наноматериалы, оптические наноматериалы, наносистемная техника, наноборудование).

Важной задачей является внедрение технологий «Умного месторождения» (Smart Field (SF)) и «Умной скважины», позволяющих повышать энергоэффективность оборудования и технологических процессов и обеспечивать экологическую безопасность. «Умное месторождение» — это комплекс программных и технических средств, который позволяет управлять добычей углеводородов (рис. 1).

Количество умных скважин первого поколения в мире составляет более 900, из них 40 — в России. Умные скважины второго поколения позволяют проводить мониторинг и контроль за работой запасов на протяжении всего жизненного цикла месторождения нефти и газа [4].

Интеграция датчиков, дронов и искусственного интеллекта может предоставить операторам трубопроводов данные в реальном времени [39]. Инновации в технологии умной очистки, в которой используются встроенные инструменты контроля с усовершенствованными датчиками, способствуют упреждающему выявлению коррозии, трещин или структурных недостатков.

Ведущие энергетические корпорации нефтегазового сектора (Лукойл Saudi Aramco, British Petroleum, Total, Shell и другие) взяли на себя значительные обязательства по достижению нулевых выбросов. Эти обязательства включают в себя постановку амбициозных целей по сокращению или компенсации выбросов углекислого газа,

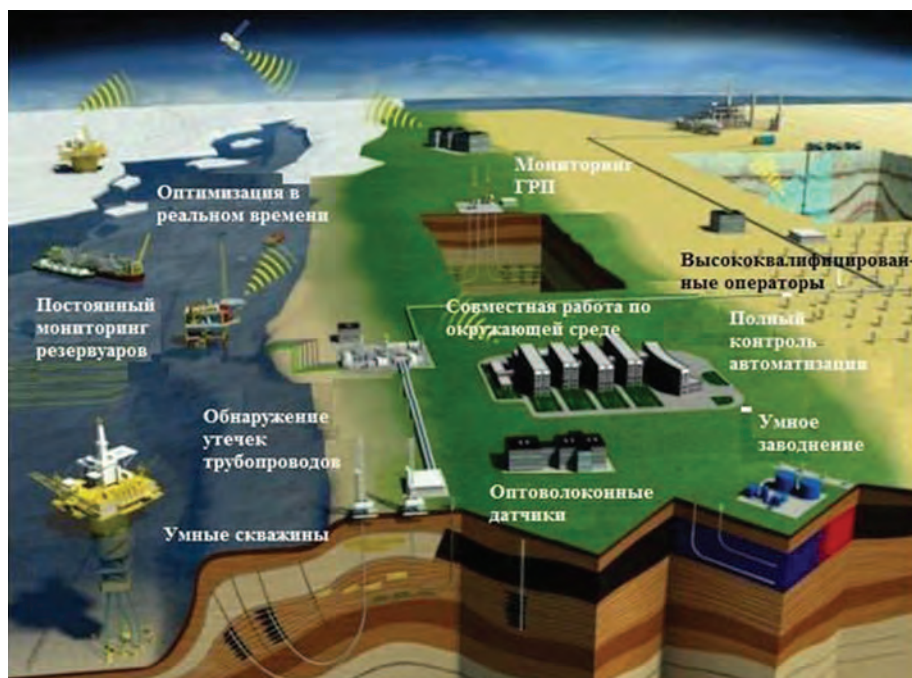


Рис. 1. Схема «Умного месторождения» (Smart Field (SF))
Fig. 1. Smart Field (SF) Scheme

что в конечном счете будет способствовать достижению глобальных климатических целей. Например, компания ExxonMobil объявила о своем обязательстве «Net Zero к 2050 году», изложив комплексный план по сокращению выбросов в ходе своей деятельности и инвестированию в устойчивые методы работы [5].

В соответствии с утвержденной Политикой ПАО «ЛУКОЙЛ» в части экологии используются следующие принципы:

- принцип нулевого сброса — все производственные отходы собираются и отправляются на берег для дальнейших обезвреживания и утилизации. В соответствии с утвержденной политикой ПАО «ЛУКОЙЛ» в части экологии используется система обращения с отходами по принципу нулевого сброса. Обработке (нейтрализации) отходов подлежат буровые шламы; буровые сточные воды; отработанные буровые растворы; нефтесодержащие воды; хозяйственные сточные воды;

- предупреждение и ликвидация аварийных разливов;

- экологический мониторинг и сохранение биоразнообразия — спутниковый мониторинг водных объектов, состояния недр, загрязнения окружающей среды и объектов животного мира.

В мировую практику широко внедряются инновации и технологии, предназначенные для повышения экологической устойчивости наземных

нефтепроводов. Прежде всего это инновации в технологиях ликвидации разливов и их локализации. Существуют системы раннего обнаружения разливов нефти, механизмы быстрого реагирования и передовые стратегии сдерживания, призванные минимизировать экологическое воздействие разливов нефти. Активно развивающиеся компьютерные технологии, и академическое знание формирует хорошую базу для устранения экологических проблем [6—8].

Применение в нефте- и газотранспортировке информационно-технических технологий позволило достичь высокого уровня безопасности. Это стало возможным благодаря проведению комплексного, полностью автоматизированного расчета циклической и статической прочности, вибропрочности и сейсмостойкости на ПК. Внедрение ИТ в нефте- и газотранспортировку позволяет провести точное и оперативное моделирование трубопровода и разработать мероприятия, направленные на оптимизацию работы всей трубопроводной системы с учетом полученных при анализе на ПК данных, включающих все основные критерии [9—12].

В мире уже существует ряд успешных проектов, включая использование сжиженного природного газа (СПГ) как экологически чистого топлива для промышленного автотранспорта.

Еще одной важной инновацией в процессе добычи нефти является технология бинарных смесей.

Это жидкие растворы химических реагентов, которые вводятся последовательно, при помощи инертной жидкости, и реагируют в зоне продуктивного пласта под пакером, выделяя газ и тепло, которые проникают в пласт под давлением [13].

Аэрокосмические методы и технологии

Космическая информация применяется во многих областях прежде всего для предупреждения и ликвидации последствий природных катастроф и техногенных аварий, исследования и рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды, энергетики, градостроительства, транспортного комплекса, метеорологии и климатологии, лесного и сельского хозяйства, картографии, создания геоинформационных систем и др. [14—18].

Эта информация должна широко использоваться и в интересах нефтегазовой отрасли. Основные мировые тенденции развития космических систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) связаны с увеличением числа спутников высокого и сверхвысокого разрешения (меньше 0,4—1 м), в том числе всепогодных радиолокационных космических аппаратов, увеличением качества малых спутников, все более широким использованием кластеров однотипных спутников (например, 6 оптических спутников RapidEye, 4 радиолокационных спутника Cosmo-SkyMed с разрешением 1 м и др.), созданием комплексных многоспутниковых систем космического мониторинга (например, международная система ГСНЗ (Глобальная система наблюдения Земли), Европейская система GMES, проект международной системы МАКСМ и др.).

В связи с этим эффективность использования космических методов и технологий в различных направлениях деятельности, в том числе и в интересах нефтегазовой отрасли, будет непрерывно повышаться [19—23]. Важнейшими преимуществами космических методов и систем мониторинга являются: большая обзорность; возможность работы в любых труднодоступных районах и получения информации практически в любом масштабе, с различным пространственным и временным разрешением; широкий спектр регистрируемых параметров; высокая достоверность и оперативность получения данных; возможность многократно наблюдать исследуемые районы и работать при частичном или полном отсутствии топографической основы; относительная дешевизна информации (особенно при работе на больших площадях). Эти особенности делают космические методы,

технологии и системы мониторинга чрезвычайно перспективными для решения задач нефтегазового комплекса России. Аэрометоды мониторинга занимают свою нишу при решении задач мониторинга объектов нефтегазовой отрасли, связанную с получением более детальной информации и в более локальном масштабе. Эффективность их применения существенно повышается в случае комплексирования с космическими средствами [24—30].

Аэрокосмический мониторинг нефтегазоносных территорий и объектов нефтегазового комплекса

Актуальность и необходимость применения аэрокосмических методов и технологий в нефтегазовой отрасли России обусловлена следующими обстоятельствами: большой протяженностью трубопроводных сетей, труднодоступностью большей части регионов страны, где производится добыча и транспортировка углеводородов в прибрежных акваториях, суровыми погодными условиями в этих регионах страны; широкими и непрерывно увеличивающимися возможностями для решения большого числа разнородных задач, стоящих перед нефтегазовым комплексом, и др. [31—34]. Для аэрокосмического мониторинга объектов нефтегазового комплекса уже в настоящее время используются различные методы дистанционного зондирования, в том числе: методы, основанные на регистрации характеристик электромагнитного поля (прежде всего многоспектральные сканерные оптико-электронные и гиперспектральные методы, тепловизионные методы, методы ИК- и СВЧ-радиометрии, активные лидарные и радиолокационные методы и др.); магнитометрические методы; гравиметрические методы; пассивная гамма-спектрометрия.

Перспективы повышения эффективности аэрокосмического мониторинга объектов нефтегазового комплекса связаны с широким использованием новых методов дистанционного зондирования, таких, например, как: дистанционная пространственно-частотная спектрометрия, многочастотные радиотомография и СВЧ-радиометрия, многочастотная радиоволнография, радиоинтерферометрия, бистатистическая радиолокация, Фурье-спектрометрия, лазерное флуоресцирование, методы спутниковой навигации, спутниковая альтиметрия, активные методы, основанные на регистрации потоков элементарных частиц и др., а также с комплексным использованием разнородной аэрокосмической

и подспутниковой (в том числе геофизической) информации. Эти перспективы в значительной мере связаны также с развитием методов и технологий обработки и хранения разнородной аэрокосмической информации, получаемой в процессе мониторинга нефтегазоносных территорий и объектов нефтегазового комплекса, а также с применением современного геоинформационного обеспечения [36—38].

Для мониторинга окружающей среды, в том числе загрязнения воздуха и выбросов в атмосферу парниковых газов, целесообразно внедрение трехуровневой системы мониторинга, диагноза и прогноза, включающей: космический мониторинг, мониторинг с использованием беспилотных летательных аппаратов, мониторинг подземной геологической среды на базе геофизической обсерватории в реальном масштабе времени, мониторинг концентрации газов с помощью лазерной абсорбционной спектроскопии и технологии распределенных сенсорных сетей.

Совместное функционирование трех уровней мониторинга дает достоверное и наиболее полное представление о состоянии окружающей среды на морских объектах и в прилегающей акватории. На рисунке 2 представлена Информационная система экологического мониторинга, применяемая ПАО «Лукойл».

Важнейшей задачей дистанционного зондирования при экологическом мониторинге является исследование льдов и айсбергов в Арктике (рис. 3).

Моделирование экологических систем и процессов

В настоящее время компьютерные технологии применяются во всех областях и сферах научных интересов. Привлечение компьютеров существенно раздвинуло границы моделирования экологических процессов. Моделирование — это один из важнейших методов научного познания, с помощью которого создается модель объекта исследования. Сущность его заключается в том, что взаимосвязь исследуемых явлений и факторов передается в форме конкретных математических уравнений. В частности, актуально применение моделирования экологических систем, при анализе состояния окружающей среды, оценке степени антропогенного загрязнения воздушного бассейна крупных городов и промышленных центров, поскольку задачи охраны окружающей среды требуют широкого применения математических методов и приемов вычислений, оперируют результатами обработки широкого спектра данных, требуют автоматизированного подхода для дальнейшего использования. Для изучения процессов, происходящих в экологических системах, используется моделирование, связанное с состоянием окружающей среды, в свою очередь, оно распадается на ряд направлений:

- моделирование загрязнения атмосферы и поверхности земли промышленными выбросами (перенос загрязняющих веществ, ущерб, наносимый здоровью населения, сельскохозяйственным



Рис. 2. Информационная система экологического мониторинга, применяемая ПАО «Лукойл»

Fig. 2. Information system of environmental monitoring used by PJSC Lukoil



Рис. 3. Экологический мониторинг исследования льдов и айсбергов в Арктике. 1 — выполнено более 700 км полетов для проведения радиолокационной и аэрофотосъемки. Конструирование трехмерных моделей надводной части айсбергов, оценка их массы; 2 — более 100 дрейфующих ледовых буйев. Отслеживание координат и скорости дрейфа; 3 — физико-химические и морфометрические характеристики. Распределение водных масс, течений и изменчивости температур. 2000 айсбергов открыто у восточного побережья архипелага Северная Земля; 4 — собранные научные данные станут основой разработки системы управления ледовой обстановкой шельфовых проектов

Fig. 3. Environmental monitoring of ice and iceberg research in the Arctic: 1 — over 700 km of flights completed for radar and aerial photography. Construction of 3D models of the above-water part of icebergs, assessment of their mass; 2 — over 100 drifting ice buoys. Tracking coordinates and drift speed; 3 — physicochemical and morphometric characteristics. Distribution of water masses, currents and temperature variability. 2000 icebergs discovered off the east coast of the Severnaya Zemlya archipelago; 4 — the collected scientific data will form the basis for developing an ice management system for shelf projects

удоям, лесным массивам, почве, затраты на восстановление окружающей среды и т.д.);

- моделирование водных экосистем (трансформации компонентов экосистемы, образования и превращения веществ, потребления, роста и гибели организмов);

- моделирование продукционного процесса растений (для выбора оптимальной стратегии проведения сельскохозяйственных мероприятий: орошения, полива, внесения удобрений, выбора сроков посева или посадки растений с целью получения максимального урожая);

- моделирование лесных сообществ (используются как для описания лесных массивов на больших пространственных и временных масштабах, так и для моделирования популяций, в которых основным объектом является отдельное дерево);

- глобальные модели, в которых Земля рассматривается как единая экосистема. Наиболее известные модели такого рода — «ядерная зима»

(катастрофические последствия ядерной войны), глобальное потепление (парниковый эффект вследствие промышленной деятельности человека) и т.д.

Для познания экологической ситуации целесообразно решение экологических задач методом моделирования. Изучая экологию, необходимо спрогнозировать изменения, которые могут происходить в окружающей среде вследствие воздействия каких-нибудь факторов. При этом модель позволяет подробно изучить проблему и найти оптимальный способ ее решения. В области экологического исследования конкретных природных объектов метод построения моделей популяций и сообществ, а также целых экосистем является мощным средством обобщения и проверки обычно разрозненной и громоздкой информации, полученной в результате наблюдений и экспериментов. Задачи прогнозирования и оптимального управления экосистемами не могут быть

успешно решены без создания математических моделей этих объектов.

Важнейшую роль в исследованиях играет создание математической модели, описывающей динамические процессы, которые протекают в биосфере.

Во многих случаях при решении задач моделирования развития ситуаций, происходящих в окружающей среде, предпочтение отдается применению численных методов, в частности, при поисках различного рода интегральных характеристик, которые являются основой состояния окружающей среды. Внимание ученых многих стран в настоящее время сконцентрировано на проблеме оценки степени антропогенного загрязнения воздушного бассейна крупных регионов, городов и промышленных центров. В связи с массированным загрязнением атмосферы вопросы ее охраны из внутригосударственных масштабов в Каспийском регионе выросли до международной проблемы.

Развитие методов прогнозирования загрязнения воздуха основывается на результатах теоретического и экспериментального изучения закономерностей распространения примесей от источников. Это изучение ведется по двум направлениям: первое — это разработка теории атмосферной диффузии на основе математического описания распространения примесей с помощью уравнения турбулентной диффузии. Второе связано с эмпирико-статистическим анализом распространения загрязняющих веществ в атмосфере с использованием для этой цели интерполяционных моделей гауссовского типа [2].

При математическом моделировании процессов переноса и распространения загрязняющих веществ в воздушном бассейне города обязательно нужно учесть параметры среды: градиенты температуры (вертикальный и горизонтальный), направление и скорость ветра, облачность, температурную стратификацию атмосферы, значения фоновых концентраций примесей в воздухе. Необходимо отметить, что ветер является очень значимым параметром, поскольку его скорость отражает не только механизм переноса примесей, но и характеризует атмосферную диффузию [35]. Ветровой режим является основополагающим параметром, поскольку определяет направление и перенос вредных примесей от источников загрязнения. Основная трудность при учете указанной климатической характеристики состоит в том, что использование эмпирических законов распределения за многолетний месяц (сезон) ведет к большому объему вводимой информации. Несомненно, современные математические пакеты позволяют детально обработать такие массивы

данных, но в основном на предмет получения статистических оценок.

Переход к низкоуглеродной энергетике, использованию нетрадиционных и возобновляемых источников энергии

Одним из направлений обеспечения охраны окружающей среды является переход к низкоуглеродной энергетике. Мировая экономика в настоящее время взяла курс на переход к рациональному сочетанию традиционных и новых источников энергии. Характерной тенденцией развития мировой экономики будет систематическое снижение доли органического топлива и компенсирующий рост доли возобновляемых энергетических ресурсов.

К нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии относятся солнечная, ветровая, геотермальная, энергия морских волн, приливов и океана, энергия биомассы и др. Низкоуглеродные альтернативы, такие как ветер и солнечная энергия, достигли ценовых уровней, при которых они экономически конкурентоспособны на рынке. Потенциальные возможности нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мире огромны. Одной из главных задач является переход к новой энергетической парадигме, основанной на технологиях, которые не способствуют изменению климата. Как важнейший вариант решения предлагается «энерго-экологическая революция». Необходимо активно сокращать выбросы от унаследованных активов, которые, вероятно, будут продолжать играть значительную роль в мировом энергетическом балансе в краткосрочной и среднесрочной перспективе.

Использование «зеленой» энергетики для эксплуатации трубопроводов электропередачи приобретает важное значение. Интеграция источников солнечной и ветровой энергии с наземными нефтепроводами становится устойчивым подходом. Эти решения в области возобновляемых источников энергии снижают зависимость от традиционных источников энергии, смягчая воздействие потребления энергии на окружающую среду.

Крупнейшие нефтегазовые компании мира на протяжении последних десятилетий активно диверсифицируют деятельность за счет включения в проектный портфель проектов по производству альтернативной энергии как для собственных нужд, так и для продажи. Увеличение объемов добычи, транспортировки, переработки нефти и газа, ухудшение геолого-технологических условий их освоения и снижение качественных характеристик

углеводородов, вызванное увеличением доли трудноизвлекаемых запасов, приводит к росту потребления энергии нефтегазовыми компаниями и делает необходимым решение вопросов энергосбережения, повышения энергоэффективности и экологичности производства. Указанные обстоятельства, а также существенный потенциал АИЭ делают необходимым более активное их использование нефтегазовыми компаниями Каспийского региона. АИЭ в данном случае являются конкурентоспособными по следующим параметрам: отсутствие при эксплуатации выбросов вредных веществ в окружающую среду, минимизация эксплуатационных затрат, высокий уровень автономности.

Направления возможного использования АИЭ сгруппированы по основным секторам технологической цепочки нефтегазового бизнеса — upstream (вверх), mildstream, downstream) (табл.).

Проведенные исследования показывают, что Каспийский регион располагает значительным потенциалом для развития альтернативной энергетики. Так, суммарная ветряная энергия Каспийского моря, которая теоретически может быть использована на территории Азербайджанской Республики, оценивается в 157 ГВт, из которых до 35 ГВт находятся на мелководье (и, следовательно, не требуют серьезных финансовых затрат для использования) и 122 ГВт — в районе глубокой воды.

Технический потенциал солнечной энергетики, по данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA), может достигать 23 ГВт — этому способствует большое количество солнечных часов в году (2400—3200) и показатели солнечной активности (1500—2000 кВт-ч/кв. м). Оптимальные зоны сосредоточены в долинах центральных рек, а также на севере и северо-западе страны.

При этом по итогам 2021 г. мощность ветроэнергетики Азербайджана составила 67 МВт, хотя общая генерация альтернативных источников достигла 1316 МВт, что обеспечило только 5,7% всей выработанной электроэнергии в стране. Между тем, по некоторым данным, общий потенциал альтернативной энергетики (от 7 ГВт) в республике сопоставим с суммарной установленной мощностью всех электростанций страны (8 ГВт в 2017 г.).

Согласно соглашению о стратегическом партнерстве в области развития и передачи зеленой энергии между правительствами Азербайджана, Грузии, Румынии и Венгрии будут проведены работы над прокладкой кабеля для «зеленого» электроснабжения по дну Черного моря, что внесет ценный вклад в укрепление энергетической безопасности Европы. На втором этапе рассматривается передача 3—4 ГВт зеленой энергии

Таблица. Использование альтернативных источников энергии в производственной деятельности нефтегазовых компаний

Table. Use of alternative energy sources in the production activities of oil and gas companies

Сектор нефтегазового бизнеса	Направление использования альтернативных источников энергии	Альтернативный источник энергии	Накопленный опыт использования
Upstream	Обеспечение работы скважин, производственные операции, электроснабжение объектов инфраструктуры	Солнце, ветер, гибридные установки	Существенный
		Тепловая энергия Земли, отходы производства	Не очень значительный
	Применение методов нефтеотдачи	Ветер	Существенный
		Солнце, тепловая энергия Земли	Не очень значительный
Mildstream	Энергообеспечение морских платформ	Ветер	Значительный
		Водород	Пилотные перспективные проекты
	Морские логистические операции	Аммиак	
		Солнце, ветер, гибридные установки	Существенный
Downstream	Объекты инфраструктуры (хранилища, отгрузочные терминалы)	Солнце, ветер, гибридные установки	Существенный
Downstream	Энергообеспечение транспортировки	Солнце, ветер, гибридные установки	Существенный
		Биогаз	Единичные проекты

по этому маршруту, который, по словам министра, претендует на звание коридора «зеленой» энергии XXI в.

Помимо очевидных преимуществ осуществления проектов в сфере ветроэнергетики на побережье Каспийского моря, большим потенциалом обладает солнечная генерация. Безусловно, строительство новых «зеленых» электростанций станет мощным импульсом для территориального развития, но при этом имеются и определенные сложности в контексте армяно-азербайджанских отношений.

Важнейшим направлением является переход к водородной энергетике. Ключевым моментом осуществления «водородной экономики / водородной цивилизации» будет наличие «дешевых», экологически приемлемых и целесообразных методов его получения.

Наиболее логично было бы для получения такого экологически чистого энергоносителя, как водород, использовать возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Наряду с совершенствованием промышленных способов получения водорода перспективы связаны с поиском и добычей скоплений природного водорода, непрерывно генерируемого из недр Земли. Для мониторинга водородной дегазации Земли на территории суши и морских акваторий, а также при геолого-разведочных работах на водород рекомендуется внедрение трехуровневой системы мониторинга, диагноза и прогноза, включающей космический, с беспилотных аппаратов и подземной геологической среды на базе геофизической обсерватории в реальном масштабе времени.

Заключение

Использование инновационных технологий в нефтегазовой промышленности приносит

не только экологические, но и экономические выгоды. Снижение выбросов и оптимизация производства уменьшают расходы и риски устранения загрязняющих природу утечек.

В целом с появлением новых материалов, более точных мониторинговых систем и смешанных энергетических решений индустрия готовится к углублению в экологическую безопасность, что не только снизит негативное влияние нефтегазовой добычи на окружающую среду, но и способствует усовершенствованию процессов и технологий.

Современные технологии добычи приближают индустрию к пониманию выгоды и с точки зрения экологии. Для решения проблем в соответствии с постоянно возрастающими требованиями общества к экологической безопасности и эффективности производств требуется коренная реконструкция нефтегазодобывающей отрасли, внедрение «прорывных» технологий.

Одной из главных задач современности является переход к новой энергетической парадигме, основанной на технологиях, которые не способствуют изменению климата. Как важнейший вариант решения предлагается «энергоэкологическая революция».

Для мониторинга окружающей среды, в том числе загрязнения воздуха и выбросов в атмосферу парниковых газов целесообразно внедрение трехуровневой системы мониторинга, диагноза и прогноза, включающей космический мониторинг, мониторинг с использованием беспилотных летательных аппаратов, мониторинг подземной геологической среды на базе геофизической обсерватории в реальном масштабе времени, мониторинг концентрации газов с помощью лазерной абсорбционной спектроскопии и технологии распределенных сенсорных сетей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аргучинцев В.К., Аргучинцева А.В. Моделирование мезомасштабных гидротермических процессов и переноса антропогенных примесей в атмосфере и гидросфере региона озера Байкал. [Б.и.], 2007. 258 с.
2. Богоявленский В.И., Керимов В.Ю., Ольховская О.О. Опасные газонасыщенные объекты на акваториях Мирового океана: Охотское море. Нефтяное хозяйство. 2016. № 6. С. 43—47.
3. Бутаев А.М., Рыбникова В.И., Гаджиев А.З. Бактериальное загрязнение прибрежных вод Каспия в районе Махачкалы. Вестн. ДНЦ РАН. 1998. № 1. С. 69—73.
4. Галимов Э.М. Геохимия стабильных изотопов углерода. М.: Недра, 1968. 226 с.
5. Галимов Э.М. Изотопы углерода в нефтегазовой геологии. М.: Недра, 1973. 384 с.
6. Гемп С.Д., Дуброва Н.В., Несмелова З.Н. Изотопный состав углерода углеродсодержащих газов (CH_4 и CO_2) грязевых вулканов Керченско-Таманской области. Геохимия. 1970. № 2. С. 243—247.
7. Гулиев И.С., Керимов В.Ю. Углеводородная дегазация Земли: мониторинг, масштабы и геоэкологические последствия. Актуальные проблемы нефти и газа. 2018. Вып. 4(23). 79 с.

8. Гулиев И.С., Мустаев Р.Н., Керимов В.Ю., Юдин М.Н. Дегазация Земли: масштабы и последствия. Горный журнал. 2018. № 11. С. 38—42.
9. Дадашев Ф.Г., Гулиев И.С., Фейзуллаев А.А. Геотектонические и геохимические особенности дегазации Земли в пределах геосинклинальных областей. В книге: Дегазация Земли и геотектоника. М.: Наука, 1980. С. 116—123.
10. Иванов В.П., Сокольский А.Ф. Научные основы стратегии защиты биологических ресурсов Каспийского моря от нефтяного загрязнения. Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2000. 181 с.
11. Кадиров Ф.А., Сафаров Р.Т. Деформация земной коры Азербайджана и сопредельных территорий по данным GPS-измерений. Известия НАН Азербайджана, Науки о Земле. 2013. № 1. С. 47—55.
12. Касымов А.Г. Экология Каспийского озера. Баку, 1994. 237 с.
13. Керимов В.Ю., Бондарев А.В., Мустаев Р.Н., Хоштария В.Н. Оценка геологических рисков при поисках и разведке месторождений углеводородов. Нефтяное хозяйство. 2017. № 8. С. 36—41.
14. Керимов В.Ю., Осипов А.В., Мустаев Р.Н., Минлигалиева Л.И., Гусейнов Д.А. Условия формирования и развития пустотного пространства на больших глубинах. Нефтяное хозяйство. 2019. № 4. С. 22—27.
15. Лаврова О.Ю., Митягина М.И., Костяной А.Г. Спутниковые методы выявления и мониторинга зон экологического риска морских акваторий. М.: ИКИ РАН, 2016. 334 с.
16. Лаврушин В.Ю., Поляк Б.Г. Источники углеродсодержащих газов в грязевых вулканах СНГ. Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. М.: ГЕОС, 1997. С. 67—70.
17. Мастепанов А.М. От ковидного «сегодня» к низко-углеродному «завтра»: анализ зарубежных прогнозов развития мировой энергетики. Георесурсы. 2021. № 23(3). С. 42—52. DOI: 10.18599/grs.2021.3.7
18. Миронов О.Г. Нефтеокисляющие микроорганизмы в море. Киев: Наукова думка, 1971. 234 с.
19. Митягина М.И., Лаврова О.Ю. Многолетний комплексный спутниковый мониторинг загрязнений поверхности Балтийского и Каспийского морей. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 5. С. 269—288.
20. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. М.: Изд-во ВНИРО, 2001. 247 с.
21. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа: в 2-х т. 2-е изд. перераб. и доп. Т. 1: Морской нефтегазовый комплекс: состояние, перспективы, факторы воздействия. М.: Изд-во ВНИРО, 2017. 326 с.
22. Рубан Л.С., Гриб Н.С. Инновации и новые технологии в бассейне Каспийского моря (БКМ): водород как новая социально-экономическая реальность. Доклад на КЭФ-21, г. Красноярск, 2021.
23. Сташок О.В. Анализ экологической обстановки города с развитой промышленной инфраструктурой (на примере города Братска). Экология и промышленность России. 2009. № 5. С. 53—55.
24. Цогоев В.Б. Гидроминеральные ресурсы Северной Осетии. Изд-во Ир. Орджоникидзе, 1969. 419 с.
25. Экзарьян В.Н., Рукавицын В.В. Методика оценки риска от загрязнения окружающей среды в результате аварий на опасных промышленных объектах. Разведка и охрана недр. 2021. № 1. С. 66—69.
26. Adegboye A.C., Egharevba M.I., Edefe J. Economic regulation and employment intensity of output growth in sub-Saharan Africa. Governance for Structural Transformation in Africa. London: Palgrave Macmillan, 2019. P. 101—143.
27. Bayramov A. Conflict, cooperation or competition in the Caspian Sea region: A critical review of the New Great Game paradigm. Caucasus Survey. 2021. No. 9:1. P. 1—20. DOI: 10.1080/23761199.2020.1774856
28. Bloomer B.J., Vinnikov K.Y., Dickerson R.R. Changes in seasonal and diurnal cycles of ozone and temperature in the eastern U.S. Atmospheric Environment, 2010. P. 1—9.
29. Butler J.H., Montzka S.A. The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI). Published online Spring 2018. URL: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html> (дата обращения: 09.07.2024).
30. Ericson S.J., Engel-Cox J., Arent D.J. Approaches for integrating renewable energy technologies in oil and gas operations. National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States), 2019.
31. Guliev I.S., Kerimov V.Yu., Etirmishli G.D., Yusubov N.P., Mustaev R.N., Huseynova A.B. Modern geodynamic processes and their impact on replenishment of hydrocarbon resources in the Black Sea. Caspian Region. Geotectonics. 2021. No. 55. P. 393—407.
32. Held A., Hinz K.P., Trimborn A., Spendler B., Klemm O. Straightness measurement whirlwind vertical stream quotient particle atmosphere substantial. Goophys. Res. Len. 2003. No. 19. P. 4.
33. Hutter G.W. The status of world geothermal power generation 1995—2000. Proceedings of the World Geothermal Congress 2000, Hyushu — Tohoku, Japan. May 28 — June 10. Vol. 1. P. 23—37.
34. Kerimov V.Yu., Leonov M.G., Osipov A.V., Mustaev R.N., Hai V.N. Hydrocarbons in the basement of the South China Sea (Vietnam) shelf and structural-tectonic model of their formation. Geotectonics, 2019. Vol. 53, no. 1. P. 42—59, DOI: 10.1134/S0016852119010035
35. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Osipov A.V. Peculiarities of Hydrocarbon Generation at Great Depths in the Crust. Doklady Earth Sciences. 2018. Vol. 483, p. 1. P. 1413—1417.
36. Lapidus A.L., Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Salikhova I.M., Zhagfarov F.G. Natural Bitumens: physicochemical properties and production technologies. Solid Fuel Chemistry. 2018. Vol. 52, no. 6. P. 344—355.
37. Lund, J.W., Freeston D.H. World-wide direct uses of geothermal energy 2000. Proceed. of the World

Geothermal Congress 2000, Hyushu — Tohoku, Japan. May 28 — June 10. Vol. 1. P. 1—21.

38. *Mustaev R.N., Kerimov Yu.V., Shilov G.Y., Dmitrievsky S.S.* Modeling of thermobaric conditions formation of the shale hydrocarbon accumulations in low-permeability reservoirs Khadum formation Ciscaucasia. Geomodel 2016 — 18th Science and Applied Research Conference on Oil and Gas Geological Exploration and Development. 2016. DOI: 10.3997/2214-4609.201602185
 39. State of the Environment of the Caspian Sea. Report by the interim Secretariat of the Framework Convention for the Protection of the Marine Environment of the Caspian Sea and the Project Coordination Management Unit of the “CaspEco” project. Iran. 2011. 102 p.
- ## REFERENCES
1. Arguchintsev V.K., Arguchintseva A.V. Modeling of mesoscale hydrothermal processes and transport of anthropogenic impurities in the atmosphere and hydrosphere of the Lake Baikal region. [B.i.], 2007. 258 p. (In Russ.).
 2. Bogoyavlensky V.I., Kerimov V.Yu., Olkhovskaya O.O. Dangerous gas-saturated objects in the waters of the World Ocean: the Sea of Okhotsk. Neftyanoe Khozyaystvo. 2016. No. 6. P. 43—47 (In Russ.).
 3. Butaev A.M., Rybnikova V.I., Gadzhiev A.Z. Bacterial pollution of coastal waters of the Caspian Sea in the Makhachkala region. Vestn. DSC RAS. 1998. No. 1. P. 69—73 (In Russ.).
 4. Galimov E.M. Geochemistry of stable carbon isotopes. Moscow: Nedra, 1968. 226 p. (In Russ.).
 5. Galimov E.M. Isotopes of carbon in oil and gas geology. Moscow: Nedra, 1973. 384 p. (In Russ.).
 6. Gemp S.D., Dubrova N.V., Nesmelova Z.N. Isotope composition of carbon in carbon-containing gases (CH₄ and CO₂) mud volcanoes of the Kerch-Taman region. Geochemistry. 1970. No. 2. P. 243—247 (In Russ.).
 7. Guliyev I.S., Kerimov V.Yu. Hydrocarbon degassing of the Earth: monitoring, scale and geoeological consequences. Actual problems of oil and gas. 2018. Vol. 4(23). 79 p. (In Russ.).
 8. Guliev I.S., Mustaev R.N., Kerimov V.Yu., Yudin M.N. Degassing of the Earth: scale and implications. Gornyi Zhurnal. 2018. No. 11. P. 38—42 (In Russ.).
 9. Dadashev F.G., Guliyev I.S., Feyzullaev A.A. Geotectonic and geochemical features of the Earth degassing within geosynclinal regions. In: Earth degassing and geotectonics. Proceedings of the All-Union Symposium. Moscow, 1980. P. 116—123 (In Russ.).
 10. Ivanov V.P., Sokolsky A.F. Scientific basis of protection strategy biological resources of the Caspian Sea from oil pollution. Astrakhan: KaspNIRKh Publishing House, 2000. 181 p. (In Russ.).
 11. Kadirov F.A., Safarov R.T. Earth's crust deformation in Azerbaijan and adjacent territories according to GPS measurements. Proceedings of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Earth Sciences. 2013. No. 1. P. 47—55 (In Russ.).
 12. Kasymov A.G. Ecology of the Caspian Lake. Baku, 1994. 237 p. (In Russ.).
 13. Kerimov V.Yu., Bondarev A.V., Mustaev R.N., Khoshtariya V.N. Estimation of geological risks in searching and exploration of hydrocarbon deposits. Neftyanoe Khozyaystvo. 2017. №. 8, pp. 36—41 (In Russ.).
 14. Kerimov V.Yu., Osipov A.V., Mustaev R.N., Minligalieva L.I., Guseinov D.A. Conditions for the formation and development of void space at great depths. Oil industry. 2019. No. 4. P. 22—27 (In Russ.).
 15. Lavrova O.Yu., Mityagina M.I., Kostyanoy A.G. Satellite methods for identifying and monitoring environmental risk zones in marine waters. Moscow: IKI RAS. 2016. 334 p. (In Russ.).
 16. Lavrushin V.Yu., Polyak B.G. Sources of carbon-containing gases in mud volcanoes of the CIS. New ideas in geology and geochemistry of oil and gas. Moscow: GEOS, 1997. P. 67—70 (In Russ.).
 17. Mastepanov A.M. From Covid “today” to low-carbon “tomorrow”: analysis of foreign forecasts for the development of global energy Georesources. 2021. No. 23(3). P. 42—52 (In Russ.). DOI: 10.18599/grs.2021.3.7
 18. Mironov O.G. Oil-oxidizing microorganisms in the sea. Kyiv: Naukova Dumka, 1971. 234 p. (In Russ.).
 19. Mityagina M.I., Lavrova O.Yu. Long-term integrated satellite monitoring of surface pollution in the Baltic and Caspian Seas. Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2012. Vol. 9. № 5. P. 269—288 (In Russ.).
 20. Patin S.A. Oil and the ecology of the continental shelf. Moscow: Publishing house VNIRO, 2001. 247 p. (In Russ.).
 21. Patin S.A. Oil and ecology of the continental shelf: in 2 volumes. 2nd revised and supplemented ed. Vol. 1: Marine oil and gas complex: status, prospects, influencing factors. Moscow: VNIRO Publishing House, 2017. 326 p. (In Russ.).
 22. Ruban L.S. Ensuring energy and environmental security of the Caspian region. Ecological Bulletin of Russia. 2013. No. 11. P. 20—23 (In Russ.).
 23. Stashok O.V. Analysis of the environmental situation of a city with developed industrial infrastructure (using the city of Bratsk as an example). Ecology and Industry of Russia. 2009. No. 5. P. 53—55 (In Russ.).
 24. Tsogoev V.B. Hydromineral resources of North Ossetia. Ir publishing house. Ordzhonikidze, 1969. 419 p. (In Russ.).
 25. Ekzaryan V.N., Rukavitsyn V.V. Methodology for assessing the risk of environmental pollution as a result of accidents at hazardous industrial facilities.

- Exploration and protection of mineral resources. 2021. No. 1. P. 66—69 (In Russ.).
26. Adegboye A.C., Egharevba M.I., Edafe J. Economic regulation and employment intensity of output growth in sub-Saharan Africa. *Governance for Structural Transformation in Africa*. London: Palgrave Macmillan, 2019. P. 101—143.
27. Bayramov A. Conflict, cooperation or competition in the Caspian Sea region: A critical review of the New Great Game paradigm. *Caucasus Survey*. 2021. Vol. 9:1. P. 1—20, DOI: 10.1080/23761199.2020.1774856
28. Bloomer B.J., Vinnikov K.Y., Dickerson R.R. Changes in seasonal and diurnal cycles of ozone and temperature in the eastern U.S. *Atmospheric Environment*, 2010. P. 1—9.
29. Butler J.H., Montzka S.A. The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI). Published online Spring 2018, URL: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html> (accessed: 09.07.2024).
30. Ericson S.J., Engel-Cox J., Arent D.J. Approaches for integrating renewable energy technologies in oil and gas operations. *National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States)*, 2019.
31. Guliev I.S., Kerimov V.Yu., Etirmishli G.D., Yusubov N.P., Mustaev R.N., Huseynova A.B. Modern geodynamic processes and their impact on replenishment of hydrocarbon resources in the Black Sea — Caspian Region. *Geotectonics*. 2021. No. 55. P. 393—407.
32. Held A. Hinz K-P, Trimborn A., Spendler B., Klemm O. Straightness measurement whirlwind vertical stream quotient particle atmosphere substantial. *Goophys. Res. Len*. 2003. No. 19. P. 4.
33. Huttner G.W. The status of world geothermal power generation 1995—2000. *Proceedings of the World Geothermal Congress 2000, Hyushu — Tohoku, Japan*. May 28 — June 10. Vol. 1. P. 23—37.
34. Kerimov V.Yu., Leonov M.G., Osipov A.V., Mustaev R.N., Hai V.N. Hydrocarbons in the basement of the South China Sea (Vietnam) shelf and structural-tectonic model of their formation. *Geotectonics*, 2019. Vol. 53. No. 1. P. 42—59. DOI: 10.1134/S0016852119010035
35. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Osipov A.V. Peculiarities of Hydrocarbon Generation at Great Depths in the Crust. *Doklady Earth Sciences*. 2018. Vol. 483, p. 1. P. 1413—1417.
36. Lapidus A.L., Kerimov V.Y., Mustaev R.N., Salikhova I.M., Zhagfarov F.G. Natural Bitumens: physicochemical properties and production technologies. *Solid Fuel Chemistry*. 2018. Vol. 52, no. 6. P. 344—355.
37. Lund J.W., Freeston D.H. World-wide direct uses of geothermal energy 2000. *Proceed. of the World Geothermal Congress 2000, Hyushu — Tohoku, Japan*. May 28 — June 10. Vol. 1. P. 1—21.
38. Mustaev R.N., Kerimov Yu.V., Shilov G.Y., Dmitrievsky S.S. Modeling of thermobaric conditions formation of the shale hydrocarbon accumulations in low-permeability reservoirs Khadum formation Ciscaucasia. *Geomodel 2016 — 18th Science and Applied Research Conference on Oil and Gas Geological Exploration and Development*, 2016. DOI: 10.3997/2214-4609.201602185
39. State of the Environment of the Caspian Sea. Report by the interim Secretariat of the Framework Convention for the Protection of the Marine Environment of the Caspian Sea and the Project Coordination Management Unit of the “CaspEco” project. Iran. 2011. 102 p.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Серикова У.С. — внесла вклад в разработку концепции статьи, подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Алиев Э.М. — участвовал в подготовке текста статьи, оформил и выполнил перевод статьи на английский язык и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Гурянов С.А. — участвовал в подготовке текста статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Uliana S. Serikova — made the main contribution to the development of the concept of the article, prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

Emil M. Aliyev — participated in the preparation of the text of the article, designed and translated the article into English and agrees to accept responsibility for all aspects of the work.

Sanan A. Guryanov — participated in the preparation of the text of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Серикова Ульяна Сергеевна — доктор технических наук, доцент кафедры геологии и разведки месторождений углеводородов ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия. e-mail: lubava45@gmail.com
тел.: +7 (965) 429-39-79
SPIN-код: 9363-4064
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5981-5202>

Эмиль Малик оглы Алиев — диссертант, научный сотрудник Института нефти и газа Министерства науки и образования Азербайджанской Республики. 9, ул. Ф. Амирова, г. Баку AZ1000, Азербайджан e-mail: emil.aliyev07@gmail.com
тел.: (+994 12) 4922843

Гурянов Санан Агилович* — кандидат геолого-минералогических наук, старший преподаватель кафедры геологии и разведки месторождений углеводородов ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия e-mail: guryanovsa@mgri.ru
тел.: +7 (903) 187-88-88
SPIN-код: 1663-2705
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1833-8320>

Uliana S. Serikova — Dr. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Geology and Exploration of Hydrocarbon Deposits, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia e-mail: lubava45@gmail.com
tel.: +7 (965) 429-39-79
SPIN-code: 9363-4064
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5981-5202>

Emil M. Aliyev — dissertator, researcher, Institute of Oil and Gas of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan. 9, F. Amirov st., Baku AZ1000, Azerbaijan e-mail: emil.aliyev07@gmail.com
tel.: (+994 12) 4922843

Sanan A. Guryanov* — Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Senior Lecturer at the Department of Geology and exploration of hydrocarbon deposits, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia. e-mail: guryanovsa@mgri.ru
tel.: +7 (903) 187-88-88
SPIN-code: 1663-2705
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1833-8320>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author