



ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА И НАГРУЗКИ, СВЯЗАННЫЕ С АНТРОПОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА СРЕДУ

Э.М. АЛИЕВ¹, В.Ю. КЕРИМОВ^{1,2,*}, Ю.А. ЛОБАНОВ²

¹ Институт нефти и газа Министерства науки и образования Азербайджанской Республики
9, ул. Ф. Амирова, г. Баку, AZ1000, Азербайджан

² ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Современное состояние и нагрузки на окружающую среду Каспийского региона связаны с антропогенным воздействием. Каспийское море, окруженное пятью прибрежными странами — Республикой Азербайджан, Российской Федерацией, Республикой Казахстан, Туркменистаном и Исламской Республикой Иран — является самым большим бессточным водоемом на земле. Изолированность Каспийского моря, которое отличается особыми климатическими условиями и градиентами солености, привела к образованию уникальной экосистемы.

Цель исследования. Оценка состояния окружающей среды Каспийского региона и нагрузок, связанных с антропогенным воздействием на среду.

Материалы и методы. В качестве методики оценки антропогенных процессов, влияющих на окружающую среду Каспийского моря и прилегающей территории, была использована концепция DPSIR: «движущие силы — нагрузки — состояние — воздействия — реакция», которая определяет связи между деятельностью человека и состоянием и тенденциями окружающей среды. Разработанный Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) процесс комплексного анализа окружающей среды (в особенности Глобальной экологической перспективы) основан на этой методике.

Результаты. Проведенные исследования позволили определить масштабы и географию дегазации парниковых газов, объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по компонентам, структуру выбросов парниковых газов и динамику выбросов диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4) и оксида азота (N_2O), генерируемых из стационарных источников на территории Каспийского региона. По результатам деятельности антропогенные выбросы парниковых газов, загрязняющих атмосферу и морскую акваторию, генерируемых из стационарных источников, образуются в результате производственной деятельности ряда отраслей: добыча полезных ископаемых, обеспечение электрической энергией, газом и паром, кондиционирование воздуха, обрабатывающие производства, водоснабжение, очистка сточных вод, строительная индустрия, сельское и лесное хозяйство, транспорт хранение и связь, ремонт автотранспортных средств и мотоциклов, а также других видов деятельности.

Заключение. Доля предприятий топливно-энергетического комплекса, выбрасывающих парниковые газы, которые загрязняют атмосферу, составляет около 60%. Показана структура выбросов парниковых газов и динамика выбросов диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4) и оксида азота (N_2O), генерируемых из стационарных источников на территории Каспийского региона. Каспийское море является одним из важнейших бессточных бассейнов в мире, и, поскольку оно окружено со всех сторон сушей, в нем отсутствует проточность, помогающая самоочищению. Загрязнители, попадающие в воду, остаются в ней за отсутствием механизмов их удаления. Чрезвычайно важно иметь полную информацию об уровне поступления загрязнителей, что позволит выбирать наилучшие из известных и наиболее эффективные средства экологической компенсации или уменьшения загрязнения. Крупнейшими загрязняющими отраслями являются сельское хозяйство, промышленность, включая нефтегазовую, и урбанизация.

Ключевые слова: экология, окружающая среда, Каспийский регион, экосистема, нефтегазовые месторождения, антропогенная деятельность, транспорт, экономика, дегазация

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Алиев Э.М., Керимов В.Ю., Лобанов Ю.А. Оценка состояния окружающей среды Каспийского региона и нагрузки, связанные с антропогенным воздействием на среду. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2024;66(2):124—140. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-2-124-140>

Статья поступила в редакцию 20.05.2024

Принята к публикации 27.06.2024

Опубликована 28.06.2024

* Автор, ответственный за переписку

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN THE CASPIAN REGION

EMIN M. ALIYEV¹, VAGIF YU. KERIMOV^{1,2,*}, YURY A. LOBANOV²

¹ *Institute of Oil and Gas of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan
9, F. Amirov str., Baku, AZ1000, Azerbaijan*

² *Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

ABSTRACT

Background. The current state and pressures associated with the anthropogenic impact on the Caspian region environment are examined. Surrounded by five coastal countries, including the Republic of Azerbaijan, the Russian Federation, the Republic of Kazakhstan, Turkmenistan, and the Islamic Republic of Iran, the Caspian Sea is the world's largest endorheic water body. The isolation of the Caspian Sea, which is characterized by special climatic conditions and salinity gradients, has led to the formation of a unique ecosystem.

Aim. Environmental impact assessment of the Caspian region and the associated anthropogenic load.

Materials and methods. The anthropogenic processes affecting the environment of the Caspian Sea and the surrounding area were assessed using the DPSIR concept. This concept includes the components of driving forces, pressures, state, impacts, and response in order to inclusively determine the connections between human activities and the environment. This concept was used as by the European Environmental Agency as the basis for integrated environmental analysis.

Results. The conducted study determined the scale and geography of greenhouse gas degassing, the volume of pollutant emissions into the atmosphere by components, the structure of greenhouse gas emissions, and the dynamics of emissions of carbon dioxide, methane, and nitrogen oxide generated from stationary sources in the Caspian region. Anthropogenic emissions of greenhouse gases that pollute the atmosphere and sea waters, generated from stationary sources, are formed as a result of the production activities of a number of industries: mining; electricity, gas, and steam generation; air conditioning; manufacturing; water supply; wastewater treatment; construction industry; agriculture and forestry; transport storage and communications; repair of vehicles and motorcycles; as well as other activities.

Conclusion. The share of enterprises in the fuel and energy complex that emit greenhouse gases is about 60%. The structure of greenhouse gas emissions and the dynamics of CO₂, CH₄, and N₂O emissions generated from stationary sources in the Caspian region are shown. The Caspian Sea is one of the most important endorheic basins in the world. Being surrounded by land on all sides, the Caspian Sea lacks flows that would maintain its self-purification. Pollutants that enter the Sea remain there due to the lack of mechanisms for their removal. Complete information about the level

of pollutant inputs is crucial for selecting the most effective means of environmental compensation or pollution reduction. The largest polluting sectors are agriculture, industry, including oil and gas, and urbanization.

Keywords: ecology, environment, Caspian region, ecosystem, oil and gas fields, anthropogenic activities, transport, economics, degassing

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

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

For citation: Aliyev E.M., Kerimov V.Yu., Lobanov Yu.A. Environmental impact assessment in the Caspian region. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2024;66(2):124—140. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-2-124-140>

Manuscript received 20 May 2024

Accepted 27 June 2024

Published 28 June 2024

* Corresponding author

Современная экологическая ситуация в Каспийском регионе характеризуется нестабильностью, обусловленной совместным действием ряда природных и антропогенных факторов. Антропогенная деятельность в регионе может привести к значительным экологическим рискам, и поэтому уменьшение и предотвращение таких воздействий имеют первостепенное значение. Одной из основных задач является охрана окружающей среды Каспийского моря и прилегающей территории суши, защита стратегически важных объектов предприятий по добыче и переработке нефти и газа, терминалов, магистральных трубопроводов, от стихийных бедствий и техногенных аварий. Особое внимание уделяется ликвидации источников загрязнения окружающей среды (рис. 1) и устранению экологических проблем Каспийского моря и прилегающих территорий прикаспийских государств. Каспийское море, окруженное пятью прибрежными странами — Республикой Азербайджан, Российской Федерацией, Республикой Казахстан, Туркменистаном и Исламской Республикой Иран, является самым большим бессточным водоемом на Земле. Изолированность Каспийского моря, которое отличается особыми климатическими условиями и градиентами солёности, привела к образованию уникальной экосистемы [1].

Освоение морских нефтегазовых месторождений в Каспийском море влечет за собой повышение антропогенной нагрузки на природные ландшафты и экосистемы и тем самым может способствовать дальнейшей дестабилизации экологической обстановки в регионе. Динамика региональной экономики демонстрирует четкую зависимость

от спроса на энергоносители [2]. Транспортировка углеводородов и нефтепродуктов значительно увеличена с использованием танкерных флотилий и трубопроводов. Разведка новых нефтяных и газовых месторождений, так же как и эксплуатация уже известных, будет, вместе с ростом транспортных систем, вести к росту региональной экономики, но при этом неизбежно приведет и к увеличению нагрузки на окружающую среду, которая и так уже находится в состоянии существенной деградации.

Методика оценки антропогенных процессов

В качестве методики оценки антропогенных процессов, влияющих на окружающую среду Каспийского моря и прилегающих территорий, была использована концепция DPSIR: «движущие силы — нагрузки — состояние — воздействия — реакция», которая определяет связи между деятельностью человека и состоянием и тенденциями окружающей среды. Концепция DPSIR широко используется для анализа экологических проблем комплексного управления морской средой (рис. 2).

Разработанный Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) процесс комплексного анализа окружающей среды (в особенности Глобальной экологической перспективы) основан на этой методике. У нее есть ряд преимуществ: она учитывает данные простого, интуитивного анализа взаимосвязей между людьми и средой, а также всестороннего вовлечения заинтересованных сторон, интегрирует социальные и естественные науки, политику и законодательство. В данной статье рассмотрены современное состояние и нагрузки, связанные



Рис. 1. Источники загрязнения окружающей среды в Каспийском море и прилегающих территориях прикаспийских государств

Fig. 1. Sources of environmental pollution in the Caspian Sea and adjacent territories of the Caspian states

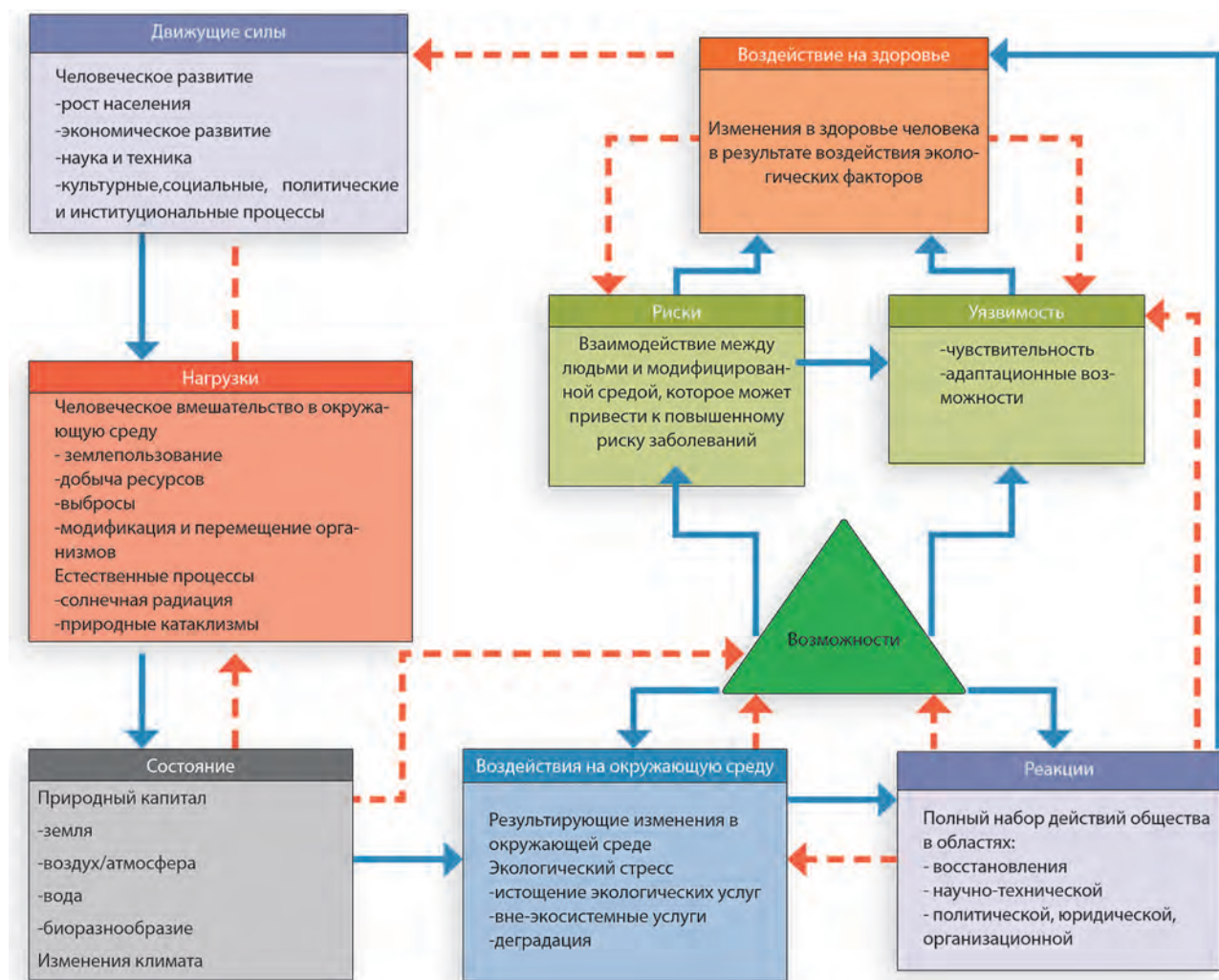


Рис. 2. Схема методик DPSIR (Источник: UNEP, *Global Environment Outlook: environment for development (GEO-4)*, 2007)

Fig. 2. Diagram of the DPSIR methodology (Source: UNEP, *Global Environment Outlook: environment for development (GEO-4)*, 2007)

с антропогенным воздействием на окружающую среду Каспийского региона.

Состояние окружающей среды и нагрузки, связанные с антропогенным воздействием на среду нефтегазовым сектором

В результате анализа индикаторов можно сделать вывод о том, что наиболее важными факторами, оказывающими воздействие на состояние окружающей среды, являются урбанизация, нефтегазовый сектор, а также браконьерство и сельское хозяйство. Указанные выше движущие силы за последние 10 лет внесли существенные изменения в состояние биологических ресурсов в Каспийском море. Обследования, проводившиеся в последние годы, показали,

что биологическое разнообразие находится под существенным антропогенным воздействием.

Нефтегазовый сектор остается одной из главных движущих сил экономического развития государств региона, оказывая существенное воздействие на окружающую среду Каспийского моря. Все прикаспийские страны планируют продолжить разведку месторождений и добычу нефти и газа как на шельфе Каспийского моря, так и в прибрежной зоне. Увеличение добычи нефти и газа, а также объемов транспортировки вызывают определенную озабоченность в связи с возможными экологическими рисками. Каспийское море уже подверглось загрязнению, вызванному деятельностью нефтегазовой отрасли, и в настоящее время наблюдается некоторое увеличение уровня

загрязнения, вызванное такими видами деятельности, как бурение, техническое обслуживание буровых установок, транспортировка нефти и выброс нефти и газа при осуществлении буровых работ. Помимо случайных разливов, переработка, транспорт и другие отрасли также увеличивают нагрузку на окружающую среду путем загрязнения воды и воздуха. Сравнение основных показателей загрязнения морской воды вокруг зон нефте- и газодобычи показало увеличение концентрации загрязняющих веществ.

Крупнейшими объектами добычи нефти в Азербайджане являются комплексы «Азери — Чираг — глубоководный Гюнешли» и «Шахдениз», последний из которых — одно из крупнейших газоконденсатных месторождений в мире, которое в скором времени начнет наращивать объемы поставок на турецкий рынок. Кроме того, структура «Шафаг-Асиман» находится в процессе геологоразведочных изысканий, поддерживаемых Соглашением о разделе продукции между BP и SOCAR (BP Azerbaijan, 2017).

Развитие и состояние нефтедобычи позволяют классифицировать Казахстан как традиционно нефтегазодобывающую страну, а нефтегазовую промышленность — как одну из ведущих отраслей экономики Казахстана. На территории Республики Казахстан расположено 202 нефтяных и газовых месторождения. Прогнозные извлекаемые ресурсы нефти оцениваются в размере 7,8 млрд т, а природного газа — 7,1 трлн м³. Около 70% этих ресурсов сосредоточено в западных областях Казахстана. Причем потенциальные запасы нефти и газа на морском шельфе равны их суммарным запасам на суше (Kazakhstan Business Magazine, 2018).

На шельфе российского сектора Каспийского моря открыто более десяти многопластовых нефтегазоконденсатных месторождений. ПАО «ЛУКОЙЛ» в акватории Каспия принадлежат лицензии на разработку 8 месторождений углеводородного сырья, суммарные извлекаемые запасы которых оцениваются в 386,3 млн т нефти и газового конденсата и более 650 млрд м³ газа. Это месторождения им. Ю. Корчагина, им. В. Филановского, им. Ю. Кувыкина, Ракушечное, Западно-Ракушечное, Хвалынское, Центральное и месторождение 170-й км. Освоение месторождений осуществляет ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть».

На открытом в 2000 году и введенном в эксплуатацию в 2010 году месторождении им. Ю. Корчагина действуют 16 эксплуатационных скважин. Месторождение им. Ю. Корчагина расположено

в 180 км от Астрахани и 240 км от Махачкалы. Глубина моря в районе месторождения составляет 11—13 метров. Месторождение им. В. Филановского расположено в акватории Каспийского моря. Открыто в 2005 году. Проектная добыча нефти должна составить 6 млн т/год. В октябре 2016 года месторождение им. В. Филановского введено в промышленную эксплуатацию. Ракушечное месторождение расположено в российской части на шельфе Северного Каспия. Месторождение открыто в 2001 году поисковой скважиной № 1.

Основным нефтеносным регионом Туркменистана является расположенный на западе страны Балканский веляят. Разработка нефтяных месторождений началась в конце 1890 годов, а регулярная промышленная добыча нефти — в 1933 году. В Туркменистане разведано около 200 месторождений нефти и газа. Потенциальные ресурсы углеводородов страны оцениваются в 71,2 млрд т нефтяного эквивалента, из которых 53 млрд тонн находятся на суше, а 18,2 млрд т — в морских акваториях (Геологические ресурсы, 2018). В Марыйском веляйте резервы месторождения «Галкыныш» совместно с расположенным рядом «Яшлар» оцениваются в 26,2 трлн м³ газа, а с учетом запасов вновь открытого связанного с ними месторождения «Гаракель», которое является частью этого блока, этот объем увеличивается до 27,4 трлн м³ газа.

Компании-недропользователи пользуются различными технологиями и техническими средствами ППБУ, СПБУ, применяют морские основания, буровые судна и баржи. На прикаспийских территориях производится активная нефтегазодобыча и переработка углеводородного сырья. В регионе хорошо развита нефтегазотранспортная инфраструктура, как танкерная, так и трубопроводная, которая связывает центры добычи сырья с потребителями.

Проблема нефтяного загрязнения Каспийского моря приобрела особую остроту и злободневность в связи с крупномасштабным освоением углеводородных запасов его шельфа всеми прикаспийскими государствами одновременно.

Заметное ухудшение экологического состояния отмечено в последние годы и в прибрежных водах Туркменистана, Казахстана и России (Дагестан), где в организмах гидробионтов обнаружены паразитарные и патогенные бактерии, а многоядерные ооциты с цитотомией уже стали обычным явлением, присущим не отдельным локальным участкам Каспия, а едва ли не всей акватории моря.

Антропогенная дегазация долгоживущих парниковых газов

Главной причиной выбросов газов в атмосферу является антропогенная деятельность. Изменение климата связано с увеличением концентрации парниковых газов в атмосфере, в число которых входят метан (CH_4), диоксид углерода (CO_2), оксид азота (N_2O), гексафторид серы (SF_6), перфторуглероды (ПФУ) и гидрофторуглероды (ГФУ) (Бюллетень ВМО по парниковым газам, 2015) [13—17].

Вклад *диоксида углерода* в увеличение радиационного воздействия долгоживущих парниковых газов за последнее десятилетие составляет примерно 82%, а за последние пять лет — порядка 81%. Глобально усредненная молярная доля CO_2 в 2018 г. составила $407,8 \pm 0,1$ млн⁻¹. Из всего объема выбросов в результате человеческой деятельности в период с 2009 по 2018 гг. около 44% аккумулировалось в атмосфере, 23% — в океане и 29% — на суше; не соотнесенный ни с чем остаток баланса составляет 4% [19].

Глобально усредненная молярная доля *метана*, рассчитанная на основании наблюдений *in situ*, достигла в 2018 г. нового максимума, составившего 1869 ± 2 млрд⁻¹, что является увеличением на 10 млрд⁻¹ по отношению к предыдущему году. Это значительно превышает прирост молярной доли метана в размере 7 млрд⁻¹ в период с 2016 по 2017 гг., а также среднегодовое увеличение за последнее десятилетие [21, 22].

Глобально усредненная молярная доля *оксида азота* в 2018 г. достигла $331,1 \pm 0,1$ млрд⁻¹, что на 1,2 млрд⁻¹ выше показателя предыдущего года и на 123% больше доиндустриального уровня (270 млрд⁻¹). Вероятные причины увеличения концентрации N_2O в атмосфере заключаются в расширении использования удобрений в сельском хозяйстве и увеличении объема N_2O , высвобождающегося из почв из-за избыточного осаждения атмосферного азота в связи с загрязнением воздуха.

Содержание в атмосфере некоторых гидрохлорфторуглеродов и гидрофторуглеродов растет относительно высокими темпами даже при том, что степень их концентрации находится на низком уровне — трлн⁻¹.

Диоксид углерода является наиболее важным антропогенным парниковым газом в атмосфере, доля которого в радиационном воздействии составляет приблизительно 66%. Доля выбросов CO_2 в результате сжигания ископаемого топлива, которая остается в атмосфере (атмосферная фракция), изменяется каждый год вследствие

значительной естественной изменчивости поглотителей CO_2 . Продукты сжигания ископаемого топлива от природных источников CO_2 можно отличать, воспользовавшись измерением концентрации радиоактивного углерода (^{14}C) в составе атмосферного углекислого газа. Измерение изотопного состава CO_2 в атмосфере помогает идентифицировать и количественно определять его источники и поглотители. В природных системах присутствуют три изотопа углерода: ^{12}C (~99% всего объема углерода), ^{13}C (~1%) и ^{14}C (~1 часть на триллион). Все изотопы углерода живут на протяжении всего углеродного цикла, однако относительная доля каждого изотопа в различных накопителях углерода варьируется, создавая уникальные «отпечатки» для каждого накопителя. Концентрация ^{14}C является важным показателем для обнаружения CO_2 в результате сжигания ископаемого топлива и в настоящее время выступает в качестве основного метода оценки выбросов CO_2 в результате сжигания ископаемого топлива при производстве измерений в атмосфере. Одновременные наблюдения за CO_2 и ^{14}C свидетельствуют о снижении содержания ^{14}C в атмосферном CO_2 , вызванном выбросом в атмосферу дополнительных объемов CO_2 в результате сжигания ископаемого топлива. Например, модели расположения мест с высокой концентрацией CO_2 в результате сжигания ископаемого топлива были определены в большинстве стран мира благодаря пробам атмосферного ^{14}C , взятым непосредственно в воздухе и растительном материале [20].

В таблице 1 представлены показатели выбросов углекислого газа CO_2 по странам мира по данным Всемирного банка (ВБ). Самыми крупными эмитентами CO_2 являются Китай и США. Только на эти две страны вместе приходится более 40% общемировых выбросов CO_2 . Другим показателем является эмиссия CO_2 на душу населения, который используется в климатологии и экологии для оценки уровня выброса парниковых газов (см. табл. 1). В связке с валовым национальным продуктом данный показатель характеризует энергетическую зависимость страны от углеводородов. С точки зрения климатологии высокие значения эмиссии CO_2 , ведущие к росту содержания парниковых газов в атмосфере Земли, являются основной причиной глобального потепления. Весьма интересна информация о показателях выбросов углекислого газа в прикаспийских государствах. Согласно показателям, выбросы углекислого газа составляют в России 1,909, Иране — Казахстане 686, Туркменистане 70 и Азербайджане 37 млн т/год.

Таблица 1. Показатели выбросов углекислого газа CO₂ по странам мира по данным Всемирного банка
Table 1. CO₂ emissions by country according to the World Bank

Доля в % от общих выбросов CO ₂				Эмиссии CO ₂ на душу населения		
№	Страна	2022, млн т/год	2022, %	№	Страна	2022, %
1	 Китай	12,667	32,884	1	 Палау	59,00
2	 США	4,853	12,600	2	 Катар	35,52
3	 Индия	2,693	6,991	3	 Кувейт	24,90
4	 Россия	1,909	4,956	15	 Россия	13,31
7	 Иран	686	1,782	16	 Казахстан	12,85
27	 Казахстан	246	0,638	22	 Туркменистан	11,27
49	 Туркменистан	70	0,181	34	 Иран	8,08
69	 Азербайджан	37	0,096	86	 Азербайджан	3,62
	 Европейский союз	2804,8	7,281		 Европейский союз	6,30
	Всего в мире	38 521,9	100,0		Среднее в мире	4,80

Информация о динамике выбросов диоксида углерода, генерируемых из стационарных источников на территории Азербайджана, показана на рисунке 3а. По выбросам CO₂ Азербайджан находится на 69-м, а по эмиссии CO₂ на душу населения — на 86-м месте (см. табл. 1). Выбросы углекислого газа в Азербайджане в 2022 г. сократились на 7,5% по сравнению с 2019 г.

Доля метана в радиационном воздействии дурнопахнущих газов (ДПГ) составляет примерно 17%. Приблизительно 40% метана поступает в атмосферу из естественных источников (например, глубинный метан, водно-болотные угодья и термитники) и около 60% — из антропогенных (например, использование ископаемого топлива, захоронение отходов и сжигание биомассы, разведение скота, выращивание риса и др.). Информация о динамике выбросов метана CH₄ на территории Азербайджана показана на рисунке 3б.

Доля оксида азота в радиационном воздействии ДПГ составляет примерно 6%. Так, N₂O поступает в атмосферу как из естественных (около 60%), так и из антропогенных источников (приблизительно 40%), включая океаны, почву, сжигание биомассы, использование удобрений и различные промышленные процессы. Информация о динамике выбросов оксида азота, генерируемых из стационарных источников на территории Азербайджана, показана на рисунке 4а. В целом структура выбросов ДПГ на территории Азербайджана показана на рисунке 4б.

Из прочих парниковых газов вклад хлорфторуглеродов, разрушающих стратосферный озоновый слой, вместе с менее значимыми галогенированными газами в радиационное воздействие ДПГ составляет ~11%. Содержащиеся в атмосфере гидрохлорфторуглероды и гидрофторуглероды также являются активными парниковыми газами. Гексафторид серы, содержание которого в атмосфере находится на таком же низком уровне, является чрезвычайно активным ДПГ. Он производится химической промышленностью, главным образом, в качестве электроизоляционного материала в оборудовании для распределения электроэнергии. В настоящее время его молярная доля более чем в два раза превышает уровень, который наблюдался в середине 1990-х гг.

Проведенные исследования позволили определить объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в Азербайджане по компонентам (рис. 5, табл. 2) и географию дегазации парниковых газов на территории Азербайджана (рис. 6).

По видам экономической деятельности антропогенные выбросы парниковых газов, загрязняющих атмосферу, генерируемых из стационарных источников в Азербайджане, образуются в результате производственной деятельности ряда отраслей (табл. 3). При этом доля предприятий топливно-энергетического комплекса (рис. 7), выбрасывающих парниковые газы и загрязняющих атмосферу, составляет около 60%.

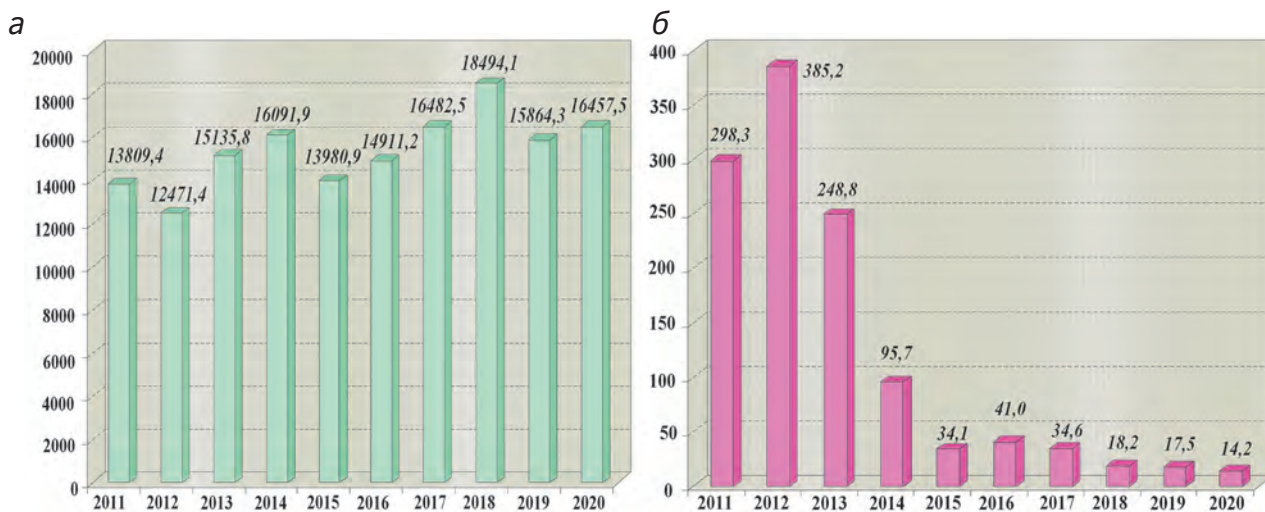


Рис. 3. Динамика выбросов диоксида углерода (а) и метана (б) в тыс. т, генерируемых из стационарных источников на территории Азербайджана (Государственный статистический комитет Азербайджанской Республики, 2022)

Fig. 3. Dynamics of emissions of carbon dioxide (a) and methane (b) in thousand tons, generated from stationary sources on the territory of Azerbaijan (State Statistical Committee of the Azerbaijan Republic, 2022)

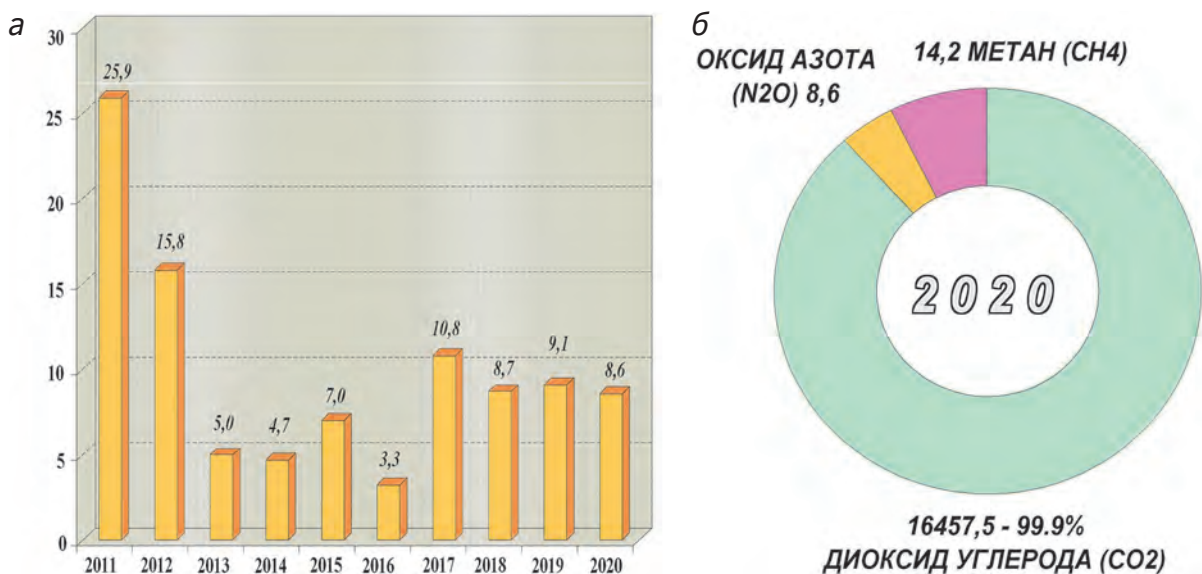


Рис. 4. Динамика выбросов оксида азота (а) и структура выбросов ДПГ (б) на территории Азербайджана (Государственный статистический комитет Азербайджанской Республики, 2022)

Fig. 4. Dynamics of emissions of nitrogen oxide (a) and structure of emissions of BNG (b) on the territory of Azerbaijan (State Statistical Committee of the Azerbaijan Republic, 2022)

Общий выброс парниковых газов (ПГ) Казахстана в 2005 г. составил 243 млн тонн в углеродном эквиваленте. Сектор энергетики ответствен за около 81% от общего количества ПГ, из которых преобладающим является CO₂, за ним следуют метан и закись азота.

Принимая во внимание высокий уровень экономического роста и ускоренное развитие

в топливно-энергетической и горнодобывающей отраслях, ожидалось, что среднегодовые выбросы ПГ будут расти и впоследствии увеличатся в пределах от 340 до 390 млн тонн к 2015 г. (ПРООН 2007/2008). Большая часть атмосферных выбросов Казахстана в прикаспийских Атырауской и Мангистауской областях имеют происхождением нефтегазовую отрасль. Свыше



Таблица 2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, генерируемых парниковыми газами из стационарных источников, тыс. т

Table 2. Emissions of pollutants into the atmosphere generated by greenhouse gases from stationary sources, thousand tons

Загрязняющие вещества	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Диоксид углерода	17 664,4	14 828,8	16 013,3	15 293,1	14 399,6	13 809,4	12 471,4	15 135,8
Оксид азота	0,8	1,7	6,4	10,4	11,8	25,9	15,8	5,0
Метан	16,6	24,3	49,5	24,2	18,3	298,3	385,2	248,8
Промышленные газы с большим периодом жизни								
Гидро-фторуглероды	0,6	0,5	0,2	7,0	6,8	0,0	6,4	3,9
Гексафторид серы (<i>стой- кий парниковый газ</i>)	0,1	0,1	0,2	0,6	0,3	0,7	0,6	0,2
Перфторированные орга- нические соединения	0,9	0,6	0,3	6,4	5,6	0,1	5,6	2,4
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Диоксид углерода	16 091,9	13 980,8	14 911,2	16 482,5	18 494,1	15 864,3	16 457,5	
Оксид азота	4,7	7,0	3,3	10,8	8,7	9,1	8,6	
Метан	95,7	34,1	41,0	34,6	18,2	17,5	14,2	
Промышленные газы с большим периодом жизни								
Гидро-фторуглероды	1,8	0,7	0,8	0,8	0,6	0,6	0,5	
Гексафторид серы (стой- кий парниковый газ)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Перфторированные органические соединения	0,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	

800 м³ попутного газа сжигалось ежегодно (ЕЭК 2008). Были приняты некоторые меры по улучшению положения: крупнейшие нефтяные компании предприняли действия по защите окружающей среды от нынешних и прошлых загрязнений.

Выбросы нефтегазовой отрасли Туркмении составляют 95% от общего объема вредных веществ, производимых в стране. В эту величину входят углеводороды, двуокись серы, углекислый газ, оксиды азота и твердые вещества. В 2001 г. выбросы ПГ снизились на 46% по сравнению с 1999 г. за счет того, что попутный нефтяной газ на месторождениях западного Туркмении утилизировался, а не сжигался или не выбрасывался в атмосферу, как это было раньше. В настоящее время этот газ либо закачивают в магистральный трубопровод, либо закачивают в нефтяные пласты для стимуляции извлечения нефти.

Загрязнение акваторий и территорий Каспийского региона

Каспийское море является одним из важнейших бессточных бассейнов в мире и, поскольку оно окружено со всех сторон сушей, в нем

отсутствует проточность, помогающая самоочищению. Загрязнители, попадающие в воду, остаются в ней за отсутствием механизмов их удаления. Поэтому чрезвычайно важно иметь полную информацию об уровне поступления загрязнителей и таким образом выбирать наилучшие из известных и наиболее эффективные средства экологической компенсации или уменьшения загрязнения. Приток воды из рек является ключевым фактором в Каспийском бассейне, что усиливает необходимость количественного мониторинга загрязняющих веществ, принесенных водотоком. Крупнейшими загрязняющими отраслями являются сельское хозяйство, промышленность, включая нефтегазовую, и урбанизация.

Что касается сельского хозяйства, то химические материалы, используемые в удобрениях и пестицидах, включают хлорсодержащие пестициды, в особенности ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан) и ГХЦГ (гексахлорциклогексаны). Эти вещества преимущественно используются в малых фермерских хозяйствах вдоль побережья Каспийского моря и в его пресноводных дельтах в Азербайджане, Иране и Туркменистане.

Таблица 3. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников по видам экономической деятельности и компонентам в 2020 г., тыс. т

Table 3. Emissions of pollutants into the atmosphere from stationary sources by type of economic activity and components in 2020, thousand tons

Виды экономической деятельности	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, всего	Включая					
		Твердые частицы	Газообразные и жидкие вещества	Сернистый ангидрид	Оксид углерода	Оксид азота	Углеродороды
ВСЕГО	146,7	3,8	142,9	1,1	17,3	21,0	92,0
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0
Добыча полезных ископаемых	60,5	2,7	57,8	0,2	6,6	9,5	41,0
Обрабатывающие производства	25,1	0,9	24,2	0,8	2,2	2,7	8,8
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	24,5	–	24,5	0,0	7,3	8,2	8,4
Водоснабжение, очистка сточных вод	0,4	0,0	0,4	0,0	0,1	0,3	0,0
Строительная индустрия	1,2	0,2	1,0	0,1	0,3	0,1	0,1
Розничная и оптовая торговля, ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	0,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,5
Транспортировка, хранение и связь	34,2	0,0	34,2	0,0	0,7	0,2	33,2
Предоставление прочих видов услуг	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Вследствие этого увеличились стоки этих загрязнителей в Каспийское море. Недавнее нашествие саранчи в Российской Федерации и Казахстане привело в этих странах к распылению с самолетов пестицидов на основе ДДТ. Промышленные стоки вносят заметный вклад в загрязнение Каспийского моря (рис. 8).

Нефтяное загрязнение представляет собой серьезную проблему на всем Апшеронском полуострове Азербайджана, в водах близ Хазара в Туркменистане и в Атырау в Казахстане. Для предотвращения утечек из старых или заброшенных нефтяных скважин крайне необходима модернизация технологии и инфраструктуры. В целом принято считать, что основная часть общего загрязнения поступает в Каспий из рек Волги, Урала и Куры. Доля загрязнения из Атрека, Самура и других рек в Иране относительно мала, хотя их воздействие на региональном уровне весьма значительно в силу особенностей

водооборота. Характерной чертой этого региона является то, что основная масса токсичных веществ, имеющих источником Волгу, оседает в ее дельте и прилегающей прибрежной зоне, в то время как токсичные вещества реки Урал оседают в заболоченной экосистеме мелководной северной части Каспийского моря.

Заключение

Проведенные исследования позволили определить масштабы и географию дегазации парниковых газов, объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по компонентам, структуру выбросов парниковых газов и динамику выбросов диоксида углерода, метана и оксида азота, генерируемых из стационарных источников на территории Каспийского региона. По результатам деятельности антропогенные выбросы парниковых газов, загрязняющих атмосферу и морскую акваторию, генерируемых из стационарных источников,



Условные обозначения



Рис. 7. Топливо-энергетический комплекс Азербайджана
Fig. 7. Fuel and energy complex of Azerbaijan

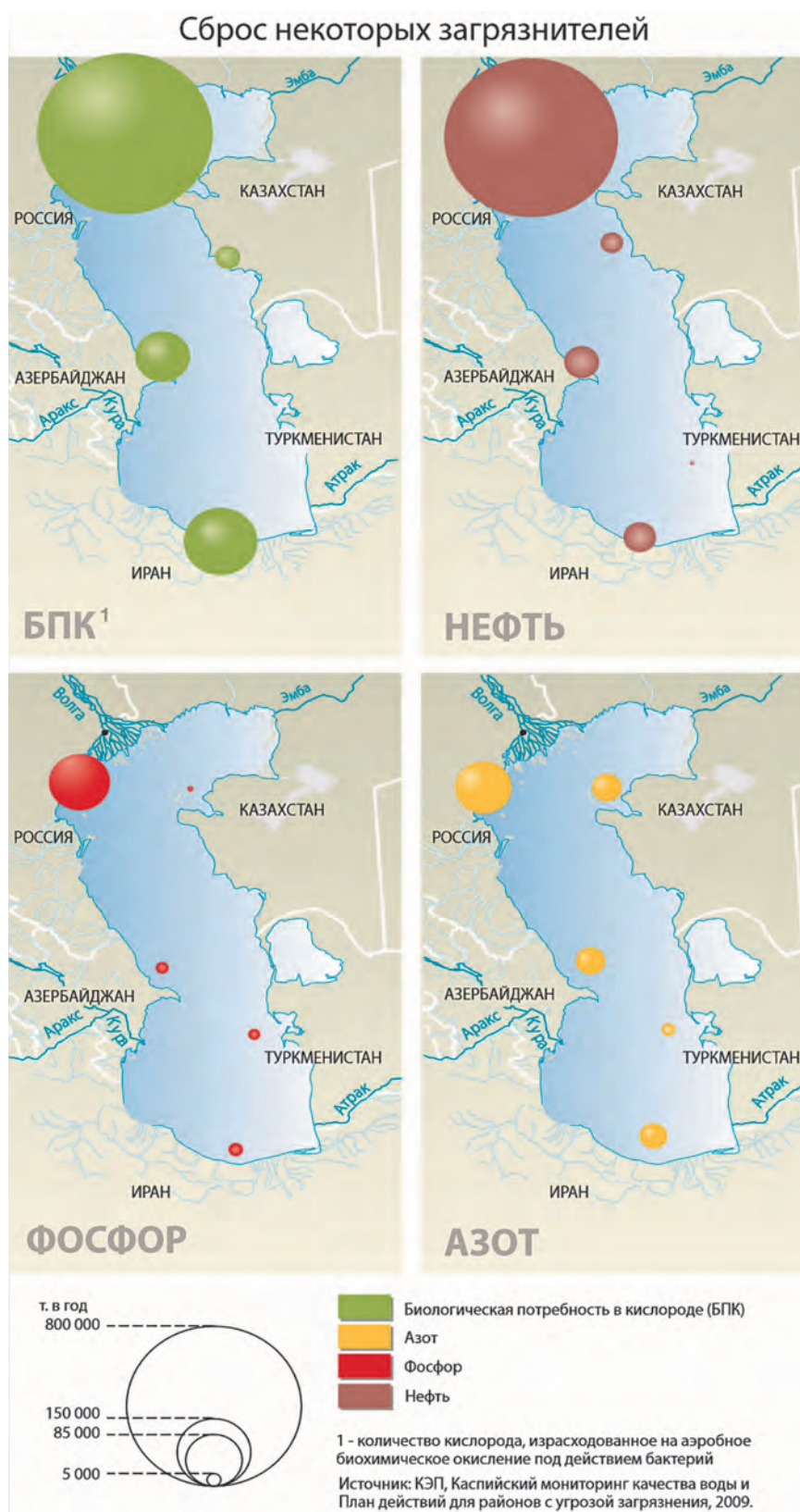


Рис. 8. Сброс загрязнителей в Каспийское море
Fig. 8. Discharge of pollutants into the Caspian Sea

образуются в результате производственной деятельности ряда отраслей: добыча полезных ископаемых, обеспечение электрической энергией, газом и паром, кондиционирование воздуха, обрабатывающие производства, водоснабжение, очистка сточных вод, строительная индустрия, сельское и лесное хозяйство, транспорт, хранение и связь, ремонт автотранспортных средств и мотоциклов, а также другие виды деятельности.

Доля предприятий топливно-энергетического комплекса, выбрасывающих парниковые газы, которые загрязняют атмосферу, составляет около 60%. Показана структура выбросов парниковых газов и динамика выбросов диоксида углерода, метана и оксида азота, генерируемых

из стационарных источников на территории Каспийского региона.

Каспийское море является одним из важнейших бессточных бассейнов в мире и, поскольку оно окружено со всех сторон сушей, в нем отсутствует проточность, помогающая самоочищению. Загрязнители, попадающие в воду, остаются в ней за отсутствием механизмов их удаления. Чрезвычайно важно иметь полную информацию об уровне поступления загрязнителей, что позволит выбирать наилучшие из известных и наиболее эффективные средства экологической компенсации или уменьшения загрязнения. Крупнейшими загрязняющими отраслями являются сельское хозяйство, промышленность, включая нефтегазовую, и урбанизация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Дадашев Ф.Г., Рахманов Р.Р. Атлас грязевых вулканов мира. Баку: Nafta-Press, 2015. 323 с.
2. Буачидзе Г.И., Мхеидзе Б.С. Природные газы Грузии. Тбилиси: «Мецниереба», 1989. 155 с.
3. Бутаев А.М., Рыбникова В.И., Гаджиев А.З. Бактериальное загрязнение прибрежных вод Каспия в районе Махачкалы // Вестник ДНЦ РАН. 1998. № 1. С. 69—73.
4. Галимов Э.М. Изотопы углерода в нефтегазовой геологии. М.: Недра, 1973. 384 с.
5. 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.
6. Гулиев И.С. Зональность природных газов Азербайджана и газогеохимические поиски нефти и газа: автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук, М., 1978. 24 с.
7. Гулиев И.С., Керимов В.Ю. Углеродная 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. Газоносность мезокайнозойских отложений и перспективы поиска новых газовых месторождений в Южно-Каспийской впадине // В книге: Очерки по геологии Азербайджана. Баку: Азернешр., 1984. С. 126—147.
10. 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, С. 116—123.
11. Иванов В.П., Соколовский А.Ф. Научные основы стратегии защиты биологических ресурсов Каспийского моря от нефтяного загрязнения. Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2000. 181 с.
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. Миронов О.Г. Нефтеоокисляющие микроорганизмы в море. Киев: Наукова думка, 1971. 234 с.
15. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. М.: Изд-во ВНИРО, 2001. 247 с.
16. Салманов М.А. Экология и биологическая продуктивность Каспийского моря. Баку, 1999. 400 с.
17. Челидзе Т.Л. Термодинамические условия и петрофизические модели участков земной коры Кавказа / В книге: Структура земной коры территории Грузии по сейсмическим и магнитным данным. Тбилиси: Мецниереба, 1983. С. 97—115.
18. 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: 15.05.2024).
19. Friedlingstein P., Jones M.W., et al. Global Carbon Budget 2019 // Earth Syst. Sci. Data. 2019. Vol. 11. P. 1783—1838.
20. Hsueh D.Y., Krakauer N.Y., et al. Regional patterns of radiocarbon and fossil fuel-derived CO_2 in surface air across North America // Geophysical Research Letters. 2007. Vol. 34. L02816.
21. Guliev I.S., Kerimov V.Y., Etirmishli G.D., Yusubov N.P., Mustae 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.
22. 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.

REFERENCE

1. Aliiev A.A., Guliyev I.S., Dadashev F.G., Rakhmanov R.R. Atlas of mud volcanoes of the world. Baku: Nafta-Press, 2015. 323 p. (In Russian).
2. Buachidze G.I., Mkheidze B.S. Natural gases of Georgia. Tbilisi: Metsniereba, 1989. 155 p. (In Russian).
3. Butaev A.M., Rybnikova V.I., Gadzhiev A.Z. Bacterial pollution of coastal waters of the Caspian Sea in the Makhachkala region // Vestnik DSC RAS. 1998. №. 1. P. 69—73 (In Russian).
4. Galimov E.M. Isotopes of carbon in oil and gas geology. Moscow: Nedra, 1973. 384 p. (In Russian).
5. 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 Russian).
6. Guliyev I.S. Zonality of natural gases of Azerbaijan and gas-geochemical prospecting for oil and gas: abstract of PhD dissertation (geology), Moscow, 1978. 24 p. (In Russian).
7. Guliyev I.S., Kerimov V.Yu. Hydrocarbon degassing of the Earth: monitoring, scale and geoecological consequences // Actual problems of oil and gas. 2018. Vol. 4(23). 79 p. (In Russian).
8. Guliev I.S., Mustaev R.N., Kerimov V.Y., Yudin M.N. Degassing of the Earth: scale and implications // Gornyi Zhurnal. 2018. No. 11. P. 38—42 (In Russian).
9. Dadashev F.G., Guliyev I.S. Gas content of Meso-Cenozoic deposits and prospecting for new gas fields in the South Caspian Basin // In: Essays on the geology of Azerbaijan. Baku: Azerneshr., 1984. P. 126—147 (In Russian).
10. 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 Russian).
11. 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 Russian).
12. Kasymov A.G. Ecology of the Caspian Lake. Baku, 1994. 237 p. (In Russian).
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 = Oil Industry. 2017. No. 8. P. 36—41 (In Russian).
14. Mironov O.G. Oil-oxidizing microorganisms in the sea. Kyiv: Naukova Dumka, 1971. 234 p. (In Russian).
15. Patin S.A. Oil and the ecology of the continental shelf. Moscow: Publishing house VNIRO, 2001. 247 p. (In Russian).
16. Salmanov M.A. Ecology and biological productivity of the Caspian Sea. Baku, 1999. 400 p. (In Russian).
17. Chelidze T.L. Thermodynamic conditions and petrophysical models of sections of the Caucasus earth's crust // In: The structure of the earth's crust of the Georgia territory according to seismic and magnetic data. Tbilisi: Metsniereba, 1983. P. 97—115 (In Russian).
18. 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> (date of the application: 15.05.2024).
19. Friedlingstein P., Jones M.W. et al. Global Carbon Budget 2019 // Earth Syst. Sci. Data. 2019. Vol. 11. P. 1783—1838.
20. Hsueh D.Y., Krakauer N.Y., et al. Regional patterns of radiocarbon and fossil fuel-derived CO₂ in surface air across North America // Geophysical Research Letters. 2007. Vol. 34. L02816.
21. 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.
22. 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

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.

Керимов В.Ю. — внес вклад в разработку концепции статьи, подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Лобанов Ю.А. — присоединился к подготовке текста статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Emin 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.

Vagif Yu. Kerimov — 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.

Yury A. Lobanov — joined 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

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) 492-28-43

Emin M. Aliyev — dissertator, researcher, Institute of Oil and Gas of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan.

9, F. Amirov str., Baku, AZ1000, Azerbaijan

e-mail: emil.aliyev07@gmail.com

тел.: (+994 12) 492-28-43

Керимов Вагиф Юнус оглы* — доктор геолого-минералогических наук, профессор, Заслуженный геолог РФ, академик РАН, заведующий кафедрой геологии и разведки месторождений углеводородов ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

e-mail: kerimovvy@mgri.ru

тел.: +7 (495) 461-37-77, доб. 21-12

SPIN: 9696-1364

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9485-8208>

Vagif Yu. Kerimov* — Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof., Honored Geologist of the Russian Federation, academician of the RAS, Head of the Department of Geology and Exploration of Hydrocarbon Deposits at Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

e-mail: kerimovvy@mgri.ru

tel.: +7 (495) 461-37-77, add. 21-12

SPIN: 9696-1364

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9485-8208>

Лобанов Юрий Анатольевич — проректор по общим вопросам и безопасности ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

e-mail: lobanovua@mgri.ru

тел.: +7 (495) 255-15-10 доб. 20-09

Yury A. Lobanov — Vice-Rector for General Affairs and Security of Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

e-mail: lobanovua@mgri.ru

tel.: +7 (495) 255-15-10 add. 20-09

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author