ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2026;(6):51-67
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622 DOI: 10.25018/0236_1493_2026_6_0_51

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ ОТ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ESG-ОТЧЕТНОСТИ

А.Т. Текенова[1], Б.К. Есекина[2], С.Ж. Галиев[3], Е.Т. Утешов[3], Д.А. Галиев[3]

[1] Satbayev University, Алматы, Казахстан, e-mail: amazhekenova@mail.ru
[2] НОЦ «Green Academy», Астана, Казахстан
[3] Институт горного дела имени Д.А. Кунаева, Алматы, Казахстан

Аннотация: Рассмотрены новые подходы к определению экологических выбросов на горнодобывающих предприятиях, генерируемых карьерными автосамосвалами. Данные методы основаны на интегрированном использовании методов имитационного логико-статистического моделирования горнотранспортных процессов в конкретных горнотехнических, геологических, экономических и организационных условиях. Предлагаемый подход представлен в сравнении с утвержденными на республиканском уровне нормативами Республики Казахстан и применяется в контексте ESG-отчетности горнодобывающих предприятий. Авторами показаны результаты расчетов выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ, выполненные в рамках сравнения подходов, применительно к автосамосвалам с дизельными двигателями. В ходе анализа экологических индикаторов данных предприятий было установлено, что объемы выбросов CO_2 и загрязняющих веществ весьма значительны, что обуславливает необходимость усовершенствования применяемых на практике подходов их учета на горных предприятиях, реализуемых в рамках подготовки ESG-отчетности. Выбросы токсичных загрязняющих веществ, таких как оксиды азота (NO_x), оксид углерода (CO), диоксид серы (SO_2) и взвешенных частиц (пыль/TSP), должны нормироваться с использованием динамичных подходов, позволяющих адекватно учитывать режимы и условия эксплуатации карьерных автосамосвалов. Результаты исследования обосновывают важность адекватного учета экологических индикаторов в рамках реализации корпоративной экологической политики горнодобывающих компаний.

Ключевые слова: методология ESG, открытая разработка, оптимизация, геотехнологический комплекс, эффективность, экономика, экология, энергоэффективность, ESG, моделирование.

Благодарность: Данное исследование проводилось в рамках программы BR23991563 «Создание инновационных ресурсосберегающих технологий добычи и комплексной переработки минерального и техногенного сырья», финансируемой Комитетом промышленности Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан.

Для цитирования: *Текенова А. Т., Есекина Б. К., Галиев С. Ж., Утешов Е. Т., Галиев Д. А.* Методика оценки выбросов от горнодобывающего предприятия с учетом требований ESG-отчетности // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2026. – № 6. – С. 51–67. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_6_0_51.

© А.Т. Текенова, Б.К. Есекина, С.Ж. Галиев, Е.Т. Утешов, Д.А. Галиев. 2026.

Mine emission estimation with regard to ESG reporting standards

A.T. Tekenova[1], B.K. Yessekina[2], S.Zh. Galiyev[3], Y.T. Uteshov[3], D.A. Galiyev[3]

[1] Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: amazhekenova@mail.ru
[2] Scientific Research and Education Center «Green Academy», Astana, Kazakhstan
[3] D.A. Kunaev Institute of Mining, Almaty, Kazakhstan

Abstract: The article discusses new approaches to estimating emission generated by dump trucks at mines. These approaches involve integrative methods of logico-statistical modeling of transport processes during mining in specific geological, geotechnical, economic and organizational conditions. The proposed approach is compared with the approved standards in the Republic of Kazakhstan, and is applied within the scope of ESG reporting in mining. The authors present the calculated results on emission of greenhouse gases and contaminants within the framework of the comparison of the approaches as a case-study of diesel dump trucks. The analysis of ecological indicators of the test mines reveals substantial emission of CO_2 and contaminants, which dictates improvement of the actual approaches to the emission data showcasing within the scope of ESG reporting. Toxic emission, such as nitrogen, carbon and sulfur oxides (NO_x, CO and SO_2) and suspended particles (dust/TSP), should be rated using agile approaches which allow adequate filing of operational conditions and environment of dump trucks. The results of the research prove the relevance of adequate reporting of ecological indicators within the framework of implementation of the environmental policy in the mining sector.

Key words: ESG methodology, opencast mining, optimization, geotechnical facility, efficiency, economy, ecology, energy efficiency, ESG, modeling.

Acknowledgements: This study was conducted within the framework of the BR23991563 program «Creation of innovative resource-saving technologies for the extraction and complex processing of mineral and man-made raw materials», funded by the Committee of Industry of the Ministry of Industry and Construction of the Republic of Kazakhstan.

For citation: Tekenova A. T., Yessekina B. K., Galiyev S. Zh., Uteshov Y. T., Galiyev D. A. Mine emission estimation with regard to ESG reporting standards. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2026;(6):51-67. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_6_0_51.

Актуальность исследований

В условиях технологической модернизации промышленности принцип экологической безопасности, предполагающий гармоничное с природой экономическое развитие, должен лежать в основе разработки и эксплуатации современных технологий [1]. Особую актуальность данный вопрос приобретает применительно к энергозатратным и капиталоемким горнодобывающим отраслям национальной экономики. В Казахстане, где энергоемкость горного производства остается традиционно высокой и в качестве энергоносителей используется преимущественно дизельное топливо, потребность принятия эффективных мер в области снижения экологических выбросов является высокой.

В 2015 г. 196 стран мира, включая Казахстан, подписали Парижское соглашение в рамках 21-й сессии Конференции Сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата, приняв обязательства по снижению выбросов парниковых газов. Республикой Казахстан

принято обязательство по снижению парниковых газов к 2030 г. от уровня 1990 г. на 15% безусловно (25% при условии привлечения дополнительных иностранных инвестиций, доступа к технологиям и др.) [2]. В связи с этим переход к низкоуглеродному развитию приобрел особую актуальность для Республики с учетом цели — достижения углеродной нейтральности к 2060 г. Для Казахстана горно-металлургический комплекс (ГМК) является одной из ключевых сфер экономики страны: данный сектор занимает второе место после нефтегазовой промышленности. Основой развития ГМК является наличие богатой минерально-сырьевой базы. При этом 14,2% всех выбросов приходится на горнодобывающую промышленность и добычу полезных ископаемых. В целом, на добычу, переработку, транспортировку, хранение и сжигание топлива приходится более 80% национальных выбросов парниковых газов, что делает Казахстан крупнейшим эмитентом CO_2 в Центральной Азии, а в мире по этому показателю он занимает 25-ю позицию [3].

Вышесказанное подтверждает высокую степень актуальности исследуемой проблемы и значимость предлагаемых научно-методических подходов для повышения эколого-экономической эффективности горного производства.

Методологические основы механизма реализации принципа экологичности на горных предприятиях

Одним из факторов, в существенной мере влияющих на жизнь современного общества, в том числе на экономику, является концепция ESG (Environmental, Social, and Governance), которая объединяет три ключевых аспекта устойчивого и ответственного инвестирования: экологические, социальные и управленческие факторы. Важным аспектом данной концепции является обеспечение прозрачности и ответственности компаний.

Экологические аспекты в промышленности включают в себя влияние деятельности компаний на окружающую среду посредством выбросов углерода и углеродистых соединений, производства отходов, использование природных ресурсов, включая воду, и воздействие на биоразнообразие. Социальные аспекты включают в себя вопросы трудовых прав и условия труда персонала, HR-менеджмент, корпоративную культуру и ответственность. Управленческие факторы, помимо социально-экономической эффективности, представляют собой принципы корпоративного управления, такие как производительность труда, ответственность, дисциплина, этика и прозрачность. Эти факторы в последние десятилетия стали ключевыми, так как способствуют повышению эффективности по таким направлениям, как экологическая, энергетическая, технологическая культура, которые обуславливают качество корпоративного управления экономическими системами.

В развитии обозначенных выше факторов в системе регулирования современной экономики заинтересованы прежде всего инвесторы, различного рода регуляторы; также, с позиции концепции модернизации, в этом заинтересованы общество и представители общественных и профсоюзных организаций и т.д. Особую важность и актуальность этот фактор приобретает в условиях активного недропользования Казахстана, где, согласно Конституции страны, недра принадлежат народу, и общество заинтересовано в эффективном и рациональном освоении минерально-сырьевой базы. В существенной мере активизацию данного направления стимулирует современная политика индустриализации, обус-

ловленная климатической повесткой на глобальном уровне.

Инвесторы, включая крупные институциональные фонды, начинают учитывать ESG-факторы при принятии инвестиционных решений, так как они влияют не только на долгосрочную финансовую устойчивость компаний, но и на перспективы развития общества в целом. Регуляторы, включая помимо национальных институтов множество стран и международных организаций, вводят правила и стандарты, касающиеся раскрытия информации о ESG-факторах. Например, Европейский Союз активно разрабатывает регуляции, связанные с устойчивым финансированием.

Некоммерческие организации и активисты, в лице различных НПО, профсоюзов и т.д., выступают за более ответственное поведение компаний, акцентируя внимание на социальных и экологических вопросах. Сами компании начинают все активней внедрять ESG-принципы в свою бизнес-стратегию, чтобы улучшить свою репутацию, привлечь инвесторов и соответствовать ожиданиям потребителей.

Таким образом, ESG-идеология продолжает развиваться и становится важным элементом в стратегическом управлении и инвестиционном процессе, а также в экономике стран в целом в ходе их модернизации. Согласно глобальному опросу инвесторов PwC от 2022 г., 79% инвесторов обращают внимание на то, как компания управляет ESG-рисками [4]. Инвесторы хотят, чтобы компании фокусировались на вопросах ESG, имеющих наибольшее значение для их бизнеса, поэтому соответствие ESG-принципам становится важнейшим элементом при принятии инвестиционных решений в экономиках стран мира [5].

Основой для проведения исследований явились методики по расчету выбросов и поглощения парниковых газов, утвержденные в Казахстане приказом Министра экологии и природных ресурсов Республики Казахстан № 9 от 17 января 2023 г., зарегистрированным в Министерстве юстиции Республики Казахстан 20 января 2023 г. под № 31735, и пунктом 3 статьи 294 Экологического кодекса Республики Казахстан, а также Закона Республики Казахстан «О государственной статистике» [6, 7]. Однако на период принятия данных документов в стране основными вредными веществами, поступающими от неорганизованных источников загрязнения окружающей среды в промышленности (карьерный транспорт, экскавация), признавались только такие пылевые и газообразные выбросы, как CO, SO_x, NO_x и др. Учет углекислого газа CO_2 в качестве вредного экологического фактора и включение его в перечень рассматриваемых основных экологических выбросов по горным предприятиям предусмотрен методикой [8].

Следует отметить, что на практике все основные аспекты методологии ESG практически жестко взаимосвязаны и взаимообусловлены. С позиции системного подхода их необходимо рассматривать соответствующим образом, однако существующие и практически используемые методические и программно-технические возможности в значительной степени ограничены.

Важно отметить и тот факт, что, согласно принятым методикам, количество выбросов от сжигания энергоносителей устанавливается посредством умножения соответствующих коэффициентов на объем сжигаемых энергоносителей. При этом принимаются стандартные коэффициенты выбросов, устанавливаемые на основе опытно-промышленных исследований, проводимых в условиях максимально благоприятной эксплуатации технологического оборудования —

Таблица 1

Коэффициенты выбросов CO_2 для горения
CO_2 emission factors for combustion

Наименование типа топлива	Содержание углерода по умолчанию (CCF) (кг/ГДж)	Коэффициент окисления углерода по умолчанию (COF)	Эффективный коэффициент выбросов CO_2 (кг/ГДж)		
			значение по умолчанию	95% доверительный интервал	
	A	*B*	$C = A \cdot B \cdot 44 / 12 \cdot 1000$	нижний предел	верхний предел
Автомобильный бензин	18,9	1	69 300	67 500	73 000
Газойль/дизельное топливо	20,2	1	74 100	72 600	74 800

Таблица 2

Коэффициенты выбросов CO_2, CH_4, N_2O
Emission factors for CO_2, CH_4, and N_2O

№		Парниковые газы		
	Вид топлива	CO_2 (кг/ГДж[2])	CH_4 (т/т)	N_2O (т/т)
1	Дизель	74 100	33	3,9
2	Бензин	69 300	3,9	3,2

при наиболее высоком КПД двигателя, оптимальных настройках, идеальных климатических условиях и минимальных загрязнениях. Эти показатели служат отправной точкой для оценки выбросов, однако в реальных условиях эксплуатации основного технологического оборудования могут возникать отклонения в зависимости от состояния техники, режима работы и условий ее эксплуатации. Согласно, к примеру, методике по расчету выбросов парниковых газов от производства химической промышленности эффективный коэффициент выбросов CO_2 для автомобильного бензина составляет 69 300 кг/ГДж, а для дизельного топлива — 74100 кг/ГДж (см. табл. 1 и 2). Данный коэффициент устанавливается в зависимости от содержания и окисления углерода в том или ином энергоносителе. При наличии производственных процессов, не включенных в настоящую методику, оператор установки использует международные методики по расчету выбросов парниковых газов [9].

Обозначенный выше подход к оценке экологических выбросов применительно к карьерному автотранспорту, который можно определить как статический, обладает рядом существенных недостатков. Карьерный транспорт является одним из основных источников загрязнений на горном предприятии, обусловленным различным техническим состоянием, режимами и условиями эксплуатации, что в значительной мере сказывается на величине фактических объемов экологических выбросов в результате полного или неполного сгорания дизельного топлива. Помимо этого, принципиальным является наличие обратной пропорциональности в объемах различных компонентов в общем объеме выделяемых загрязнителей. Статический подход предполагает при осуществлении расчетов экологических выбросов в качестве исходных данных рассматривать общий

объем израсходованного на предприятии дизельного топлива, что, помимо погрешности от некачественного учета полноты сжигания энергоносителя, не позволяет осуществлять какие-либо оптимизационные меры, реализация которых позволит целенаправленно контролировать и сокращать экологические выбросы, повышать экологическую эффективность процесса добычи полезных ископаемых. Для решения такого рода задач, как показывает практика последних десятилетий, целесообразно использовать специализированные динамические подходы с применением методов имитационного моделирования [10].

Методология использования динамического подхода при учете экологических выбросов и ESG-отчетности на горном предприятии

Методология оценки функционирования геотехнологических комплексов на открытых разработках, предложенная в работе [11], может являться более объективной основой для анализа и оценки ESG-данных на горных предприятиях. Это достигается базированием подхода на концепции процессного управления с использованием максимально соответствующего ему метода имитационного логико-статистического и объектно-ориентированного моделирования. Как ранее отмечалось, известные и общепринятые методы анализа экологической эффективности функционирования геотехнологических комплексов на открытых разработках, имея в большинстве своем статический характер, не вполне адекватно учитывают динамику процессов выброса загрязняющих веществ, что не позволяет достоверно и объективно оценивать источники и объемы загрязнения на карьере. Пооперационный учет расхода энергоносителей и соответствующих условиям объемов экологических выбросов позволяет не только объективно устанавливать количество выбросов, но и оптимизировать его — посредством выработки, в рамках проводимых комплексных технико-технологических аудитов (далее КТТА), выверенных организационно-технических мер. В качестве основных элементов могут рассматриваться автосамосвалы, железнодорожный транспорт, экскаваторы, автотрасса и карьерное пространство.

При реализации нового подхода индикаторы реализуемого КТТА органично интегрируются в комплекс показателей ESG, поскольку при традиционном ESG-анализе рассматриваются и исследуются преимущественно верхнеуровневые и итоговые показатели, являющиеся более общими по предприятию [12]. Таким образом, предлагаемая методология проведения КТТА предполагает качественный анализ конкретных производственных процессов, что обуславливает возможность целенаправленного повышения их эффективности, а следовательно, и регулирования их непосредственного влияния на общие целевые показатели компаний, в том числе показатели устойчивого развития предприятия [13].

Порядок расчетов экологических выбросов на основе динамического подхода изложен в работе [14]. В ней отмечается, прежде всего, что исследуемые горно-транспортные процессы чрезвычайно динамичны и их основные технико-экономические показатели находятся в жесткой зависимости от режимов и условий эксплуатации основного технологического оборудования. Многовариантность имеющихся и разрабатываемых способов и средств, направленных на снижение выбросов, и масштабы затрат на их реализацию обуславливают необходимость оценки экономической и экологической эффективности каждого из разрабатываемых вариантов и отбор на

этой основе только тех решений, при которых максимальное снижение уровня загрязнения окружающей среды достигается при минимальных затратах. Выбор способов и средств по снижению выбросов в карьере связан с необходимостью сравнения многочисленных вариантов решения поставленных задач, что может быть эффективно выполнено только на основе системного и многофакторного подхода.

Расчет выбросов вредных веществ технологическим автотранспортом, работающим на дизельном топливе, основан на адекватном учете расхода топлива при воспроизведении технологического процесса работы ГТСК в ходе имитационного моделирования [15]. Расчеты производятся поэтапно.

На первом этапе для расчета доли выбросов загрязняющих веществ по каждому автосамосвалу и по каждому компоненту используются две следующие формулы:

$$G_{i.n}^{\ f} = V_n \cdot K_i \cdot K_n^{\ f} / K_n^{\ p} \ (CO_2) \quad (1)$$

$$G_{i.n}^{\ n} = V_n \cdot K_i \cdot K_n^{\ p} / K_n^{\ f} \ (CO, NO_2, SO_2, \text{сажа, углероды}), \quad (2)$$

где $G_{i.n}^{\ f}$, $G_{i.n}^{\ n}$ — выбросы *i*-го компонента по n-му автосамосвалу, соответственно по сгоревшему и не сгоревшему топливу, тонн; $K_n^{\ f} - K_n^{\ p}$ — коэффициенты полезного действия двигателя автосамосвала соответственно с фактическим и паспортным значениями; V_n — количество потраченного *n*-м автотранспортом топлива за рассматриваемый период, тонн. Данный показатель представляет собою сумму пооперационных расходов автосамосвалом дизельного топлива в зависимости от КПД двигателя автосамосвала, режимов (скорость, вес перевозимой горной массы или на холостом ходу, торможение и разгон) и условий его эксплуатации (качество дорожного покрытия, геометрия транспортного участка, скоростные ограничения); K_i — коэффициент выхода загрязняющего вещества при сжигании 1 т топлива, т/т, устанавливаемый согласно методикам [16].

По формуле (1) расчеты экологических выбросов производятся по оксиду углерода, когда корректировка объема выбросов осуществляется в зависимости от технического состояния машины, которое учитывается посредством КПД двигателя карьерного автосамосвала. В этом случае, так как неполное сжигание топлива приводит к уменьшению выбросов парникового газа CO_2, стандартный объем учитываемых выбросов углекислого газа сокращается пропорционально величине значения фактического КПД двигателя автосамосвала относительно его паспортного значения. Это обусловлено тем, что стандартные выбросы выявляются при максимально качественном состоянии двигателя, благоприятных условиях и режиме эксплуатации автосамосвалов. Их соотношение и показывает объемы уменьшения (продуктов полного сгорания) и увеличения (относительно продуктов неполного сгорания дизельного топлива) фактических экологических выбросов.

По формуле (2) увеличение экологических выбросов происходит на обратно пропорциональную величину КПД двигателя машины и установленный объем экологических выбросов, корректируется посредством его деления на значение КПД двигателя конкретного автосамосвала. Таким образом достигается большая эффективность учета полноты сжигания дизельного топлива в ходе эксплуатации автосамосвала. Так как максимальное значение КПД двигателя по разным моделям автосамосвалов может быть различным (0,30 — 0,45), то при расчетах берется паспортное его значение.

Для получения суммарного показателя экологических выбросов по *n*-му

автосамосвалу используется следующая формула:

$$G_n = \sum_{i=1}^{I} \left(G_{i.n}^{f} + G_{i.n}^{n} \right) \qquad (3)$$

Общий объем экологических выбросов по парку автосамосвалов устанавливается суммированием экологических выбросов по каждому из них, как это показано в формуле

$$G_e = \sum_{n=1}^{N} (G_n) \qquad (4)$$

Основные результаты моделирования функционирования геотехнологического комплекса по расчетам экологических выбросов на примере карьера Варваринского горного предприятия представлены на рис. 1, 2, где отражены объемы по видам и типам экологических выбросов за рабочую 12-часовую смену, за среднесрочную неделю и за рассматриваемый период исследования (месяц, квартал, год и т.д.) [17]. В таблице на рис. 2 представлена и шкала коэффициентов, определяющих выход загрязняющих веществ при сгорании дизельного топлива. Экологические выбросы отражаются во взаимосвязи с автомобильной трассой со всеми ее качественными и горно-геометрическими особенностями (рис. 3 и 4). К примеру, для данного случая при общем количестве блок-участков автотрассы, составляющем 74, их удельная загрузка находится в диапазоне от 1,36 при средней скорости движения по ним

Результаты | Параметры | Выброс по участкам | Распределение | Загрязнители | Debug

№	Параметры	За смену	За средне -недельную смену	За период	Максим.разовые (г/сек)
I	**Выбросы загрязнителей**				
1	Выбросы CO2 от автотраспорта, тонн	188,291	169,462	115 233,906	18,507
II	**Выбросы вредных веществ**				
1	**По автосамосвалам**				
1.1	- Окись углерода CO, тонн	0,799	0,720	489,283	18,507
1.2	- Углероды,тонн	0,240	0,216	146,785	5,552
1.3	- Двуокись азота NO2, тонн	0,080	0,072	48,928	1,851
1.4	- Сажа,тонн	0,120	0,108	73,392	2,776
1.5	- Сернистый газ SO2, тонн	0,160	0,144	97,857	3,701
1.6	- Свинец, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
1.7	- Бенз(а)пирен, тонн	0,000	0,000	0,002	0,000
2	**В пунктах погрузки**				
2.1	- Окись углерода CO, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
2.2	- Углероды,тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
2.3	- Двуокись азота NO2, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
2.4	- Сажа,тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
2.5	- Сернистый газ SO2, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
2.6	- Свинец, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
2.7	- Бенз(а)пирен, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
III	**Запыление**				
1	По автосамосвалам, тонн	0,268	0,242	164,286	6,214
2	По пунктам погрузки, тонн	1,706	1,536	1 044,336	39,501
3	По пунктам выгрузки, тонн	3,137	2,823	1 919,690	72,610
IV	**Эколого-экономические показатели**				
1	Выбросы от сжигания топлива в тоннах	1,399	1,259	856,247	32,386
2	Запылённость, тонн	5,112	4,600	3 128,313	118,325
3	Платежи, тенге	42 459,016	38 213,113	25 984 918,000	0,000
4	Затраты на полив, тенге	48 681,805	43 813,625	29 793 264,000	0,027
5	Удельные затраты по экологическим выбросам , тг./куб.м	2,229	2,229	2,229	
6	Удельные затраты на полив автодорог, тг./куб.м	2,556	2,556	2,556	

Рис. 1. Основные эколого-экономические показатели по базовому варианту работы геотехнологического комплекса карьера

Fig. 1. Key environmental and economic indicators for the baseline operation scenario of the open-pit geotechnological complex

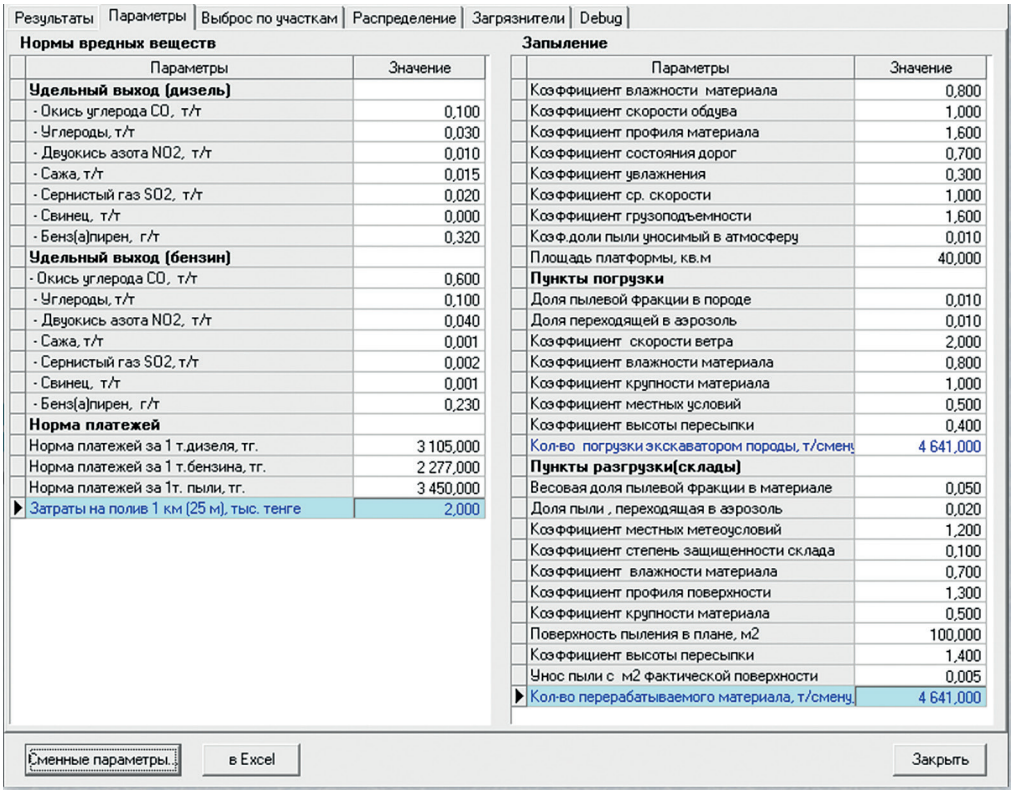

Рис. 2. Основные экологические показатели по автотранспорту
Fig. 2. Key environmental indicators for motor transport

составляющей 16,57 км/ч, из которых по временным дорогам — 17,7 км/ч, а по постоянным — 11,94 км/ч.

Общий расход дизельного топлива автосамосвалами по базовому варианту составляет порядка 555 579,80 л/год, что в денежном выражении, при среднем значении стоимости топлива 427,48 тенге за 1 л, составляет порядка 237 499,784 тыс. тенге. Затраты на дизельное топливо автотранспорта за 2023 г., по данным предприятия, составили 403 931,185 тыс. тенге, что практически в 1,7 раза больше значения аналогичного показателя на модели при тех же объемах горной массы.

Существенная разница в расходе топлива вызывает вопросы, так как на модели автосамосвалы приняты с невысокими КПД двигателей, а КПД трансмиссии, в связи с длительным сроком эксплуатации, на уровне 0,4. При этом коэффициент использования времени смены автосамосвалов составляет 0,94%, т.е. они имеют небольшие простои.

Выбросы оксида и диоксида углерода (CO и CO_2) за год составляют 46,391 т, углеродов — 13,917 т, диоксида азота (NO_2) — 4,639 т, сажи — 6,959 т, сернистого газа — 9,278 т. Общий объем выбросов загрязняющих веществ от работы горнотранспортного комплекса составляет 81,184 т. В стоимостном выражении общие затраты предприятия, приходящиеся на горнотранспортный комплекс, составляют порядка 6206,193 тыс. тенге в год, что в удельных показателях составляет 8,184 тенге/м^3 или 3,27 тенге за 1 т по горной массе. К примеру, значения этих удельных стои-

мостных показателей, соответственно, в 1,54 и 1,73 раза больше аналогичных показателей по Комаровскому горному предприятию [14].

В целях увеличения эффективности поиска потенциала и повышения экологической безопасности карьерного автотранспорта важное значение имеет возможность мониторинга и анализа характера распределения экологических выбросов по всей автомобильной трассе, где участки могут иметь различные по качеству дорожные покрытия, горно-геометрические параметры и горно-технические условия (представлено на рис. 3 и 4).

На диаграмме рис. 5 показано распределение долей по типам объемов экологических выбросов от работы горного и транспортного оборудования, работающего на дизельных двигателях, в процессе функционирования геотехнологического комплекса карьеров Варваринского горного предприятия. Так как учет расхода топлива ведется динамическим методом, то достоверность результатов является максимально высокой. Из всего объема имеющихся загрязнений 57,14% приходится на оксид углерода (CO), 17% — на углерод, 11,43% — на сернистый газ (SO_2), 8,57% — на сажу и 5,71% — на двуокись азота (NO_2).

По данным, представленным в табл. 3, где для примера в сравнении показаны динамический и статический подходы по трем предприятиям, можно сделать заключение, что в среднем погрешность от неадекватного учета качественного состояния, а также режимов и условий эксплуатации карьерных автосамосвалов может достигать 11,1% и более (в большую сторону) по объему выбросов парникового газа CO_2 и около 30% (в меньшую сторону) по объему экологических выбросов из-за неполного сгорания дизельного топлива. Это приводит к существенным погрешностям в расчете интенсивности выделения парниковых

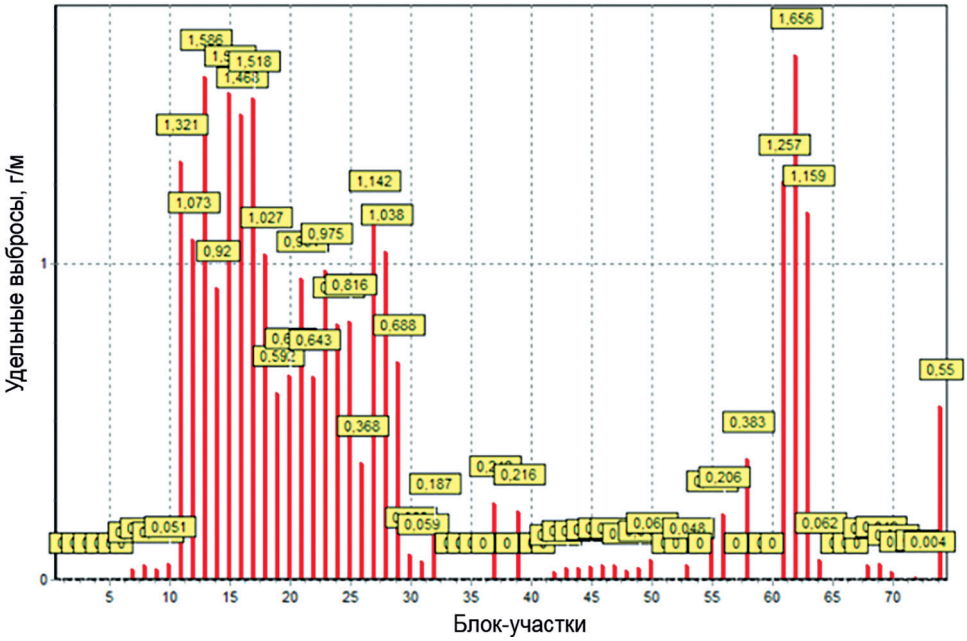

Рис. 3. Диаграмма удельных выбросов загрязняющих веществ по участкам автотрассы
Fig. 3. Diagram of specific pollutant emissions along the road sections

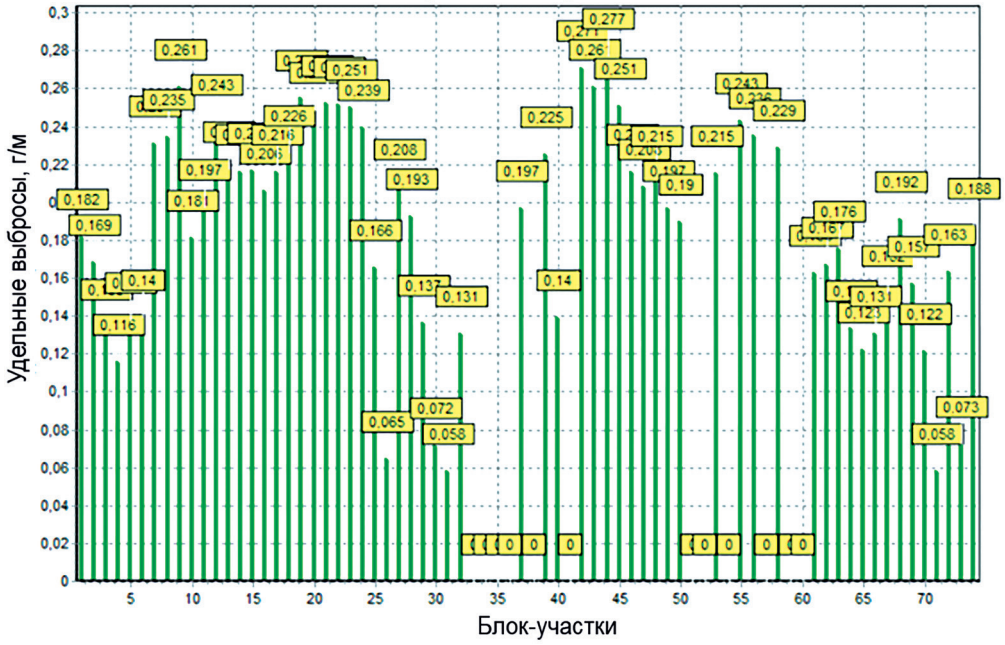

Рис. 4. Диаграмма удельных выбросов пыли по участкам автотрассы
Fig. 4. Diagram of specific dust emissions along the road sections

газов и к завышенным прогнозам в плане потепления. Как следствие, это в значительной мере повлияет и на качество превентивных мер по предприятиям, а также затратам по ним в рамках программ развития предприятий или отраслей промышленности страны [18].

Как показывают проведенные исследования, принципиальную важность имеет показатель эффективности расхода энергоносителей, в качестве которого в данном случае рассматривается дизельное топливо. На примере трех горнодобывающих предприятий (см. табл. 3) видно, что эффективность расхода топлива между ними в существенной мере разнится. Логично, что также имеются существенные различия в показателях эффективности при использовании статического и динамического подходов [19]. В рамках исследований установлено, что оптимизация параметров работы карьерного транспорта и функционирования геотехнологического комплекса в целом в среднем обеспечивает эффективность расхода топлива на 10—15% и более.

Таким образом, в результате реализации комплекса научно-исследовательских работ, на основе системного и динамического подходов с использованием метода имитационного логико-

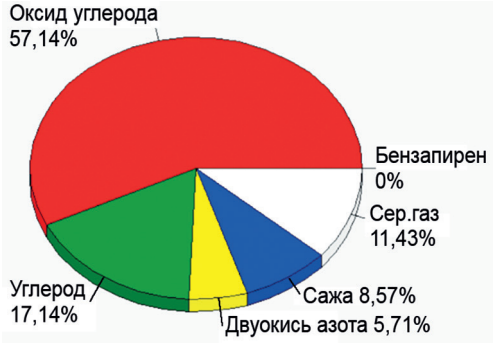

Рис. 5. Диаграмма распределения долей загрязнителей в выбросах по карьеру Варваринского месторождения
Fig. 5. Diagram of the distribution of pollutant shares in emissions at the Varvarinskoye open-pit mine

Таблица 3

Сравнительная таблица по экологическим выбросам при расчетах на основе динамического и статического подходов
Comparative table of environmental emissions based on dynamic and static calculation approaches

Показатели	Комаровское ГП		Варваринское ГП		Бакырчикское ГП		Отклонение, %
	динамический	статический	динамический	статический	динамический	статический	
Объем перевезенной горной массы, тыс. $м^3$	16 157,27		758,325		30 770		–
Объем израсходованного дизельного топлива, л	539 451,3 л./448 823,5 т.		118 899,96 л./98 916,4 т.		879 315,06 л./731 590,1 т.		–
Объемы экологических выбросов							
Парниковые газы							
Диоксид углерода, CO_2, т	123 706,98	141 379,40	272 638,33	311 586,66	2 016 445,213	2 304 508,82	+12,5
Экологические загрязнители							
Оксид углерода, CO, т	1499,194	1049,436	66,273	46,391	2255,461	1578,823	–30,0
Углероды, т	449,759	314,831	19,991	13,917	676,639	473,647	
Диоксид азота, NO_2, т	149,92	104,944	6,627	4,639	225,546	157,882	
Сажа, т	224,879	157,415	9,941	6,959	338,319	236,823	
Сернистый газ, SO_2, т	299,839	209,887	13,254	9,278	451,093	315,765	
Пыль, т	270,645	270,645	81,184	81,184	294,897	294,897	+–10
Суммарный объем экологических выбросов (без пыли), т	14 603,246	15 313,623	8405,791	9400,143	65252,904	71732,017	+4,63
Удельный показатель, т/т по перевезенной горной массе	0,904	0,948	11,085	12,396	2,121	2,331	

статистического моделирования разработана методика комплексной оценки эффективности эксплуатации внутрикарьерных автомобильных дорог. Методика позволяет адекватно учитывать характер загрузки, энергорасхода и экологических выбросов по всем участкам автомобильной трассы в грузовом и порожнем направлениях [20].

Заключение

Анализ общепринятого стационарного и динамического подходов в расчетах экологических выбросов в процессе функционирования геотехнологических комплексов горнодобывающих предприятий показал, что в целях повышения эффективности низкоуглеродного развития целесообразно применять динамический подход, реализуемый посредством метода имитационного логико-статистического моделирования, обеспечивающего адекватный учет энергорасхода и экологических выбросов при различных режимах и конкретных горнотехнических, горно-геометрических, горно-геологических, экономических и организационных условиях эксплуатации основного технологического оборудования.

На горнодобывающих предприятиях с открытым способом разработки месторождений полезных ископаемых до 80—85% парниковых газов приходится на основное горнотехническое оборудование, однако современная методологическая и нормативно-законодательная база их адекватного учета не сформирована, что говорит о необходимости целенаправленного развития динамических подходов на данном направлении.

Адекватный учет при расчетах экологических выбросов технического состояния, режимов и условий эксплуатации карьерных автосамосвалов посредством динамических методов и подходов в существенной мере обеспечивает повышение качества проводимых исследований, установление достоверных объемов экологических выбросов, а также увеличение эффективности всех превентивных мер по их снижению.

С развитием динамического подхода при расчетах экологических выбросов в значительной мере повышается достоверность и эффективность ESG-отчетности на горных предприятиях, что в существенной мере отражается на качестве корпоративного управления, социальных и экологических аспектах.

Основываясь на вышеизложенном, можно рекомендовать горнодобывающим предприятиям в целях соблюдения принципа экологичности и безопасности производства разрабатывать и реализовывать комплексную ESG-стратегию, основанную на процессном подходе и органично интегрированную в проводимую системную политику технологической модернизации. Это обеспечит прозрачность и качественную обоснованность отчетности по ESG, что позволит повысить доверие инвесторов и целенаправленно соответствовать международным стандартам устойчивого развития.

Геотехнологические комплексы на открытых разработках являются значительным источником экологических выбросов, следовательно, необходимо проводить на регулярной основе комплексный технико-технологический аудит их функционирования, что позволит целенаправленно внедрять меры по их оптимизации, обоснованно осуществлять переход на экологичные виды топлива (низкосернистый дизель, биотопливо, газ, электричество и т.д.), более эффективно реализовывать процесс технологической модернизации основного технологического оборудования.

Рекомендуется помимо использования современных низкоэмиссионных технологий оптимизировать процессы сжигания топлива и рассмотреть также

переход на возобновляемые источники энергии для части производственных нужд.

Внедрение систем постоянного мониторинга выбросов и регулярной ESG-отчетности позволит своевременно выявлять отклонения, оценивать эффективность мер и корректировать стратегию устойчивого развития.

Обучение сотрудников экологическим и энергоэффективным практикам повысит вовлеченность персонала и успех реализации ESG-инициатив.

Данные рекомендации помогут горнодобывающим компаниям реально снизить углеродный след, повысить экологическую и социальную ответственность, а также улучшить инвестиционную привлекательность в условиях растущих требований к устойчивому развитию.

Методология ESG-отчетности, основанная на использовании методов имитационного моделирования в горном деле, представляет собой эффективный инструмент для оценки экологической, социальной и управленческой ответственности предприятий. Внедрение и использование цифровых решений с учетом методов имитационного моделирования помогут горнодобывающим компаниям Казахстана не только уменьшить углеродные выбросы, но и повысить свою конкурентоспособность на мировом рынке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Есекина Б. К.*, *Галиев С. Ж.*, *Текенова А. Т.* Методологические подходы к оценке соответствия принципам ESG на предприятиях ГМК Казахстана / Проблемы экономического роста и устойчивого развития территорий: Материалы IX международной научно-практической интернет-конференции. — Вологда: Вологодский научный центр РАН, 2024. — С. 43—47.

2. *Uteshov Y., Rysbekov K., Galiyev D., Nauryzbayeva D., Galiyev S.* Potential for increasing the efficiency of design processes for mining the solid mineral deposits based on digitalization and advanced analytics // Mining of Mineral Deposits. 2021, vol. 15, no. 2, pp. 102—110. DOI: 10.33271/mining15.02.102.

3. *Galiev S. Zh., Uteshov E. T., Galiev D. A., Farakhov K. A.* Methods and techniques for energy efficiency assessment of geotechnological facilities at opencast mines based on the in-depth analysis // Eurasian mining. — 2021. — № 1. — С. 65—69. DOI: 10.17580/em.2021.01.13.

4. *Li Benzheng, Shi Yongkui, Hao Jian, Ma Chengyun, Pang Chuming, Yang Huidi* Research on a carbon emission calculation model and method for an underground fully mechanized mining process // Energies, Basel, Switzerland: MDPI. 2022, vol. 15, no. 8, pp. 2871—2900.

5. *Ronalter L. M., Bernardo M., Romaní J. M.* Quality and environmental management systems as business tools to enhance ESG performance: A cross regional empirical study // Environment, Development and Sustainability. 2022, vol. 25, no. 9, pp. 9067—9109. DOI: 10.1007/s10668-022-02425-0.

6. *Tleppayev A., Zeinolla S.* Climate change, CO_2 emission, and economic development: evidence from Kazakhstan // Central Asian Journal of Sustainability and Climate Research. 2023, pp. 62—82. DOI: 10.29258/CAJSCR/2023-R1.v2-1/62-82.

7. *Vassilyev S., Iskakov G.* Coal mine methane in Kazakhstan: economic and environmental case study // Central Asian Journal of Sustainability and Climate Research. 2024, pp. 96—125. DOI: 10.29258/CAJSCR/2024-R1.v3-1/96-125.

8. *Zarubin M., Statsenko L., Spiridonov P., Zarubina V., Melkoumian N., Salykova O.* A GIS software module for environmental impact assessment of the open pit mining projects for small mining operators in Kazakhstan // Sustainability. 2021, vol. 13, no. 12, article 6971. DOI: 10.3390/su13126971.

9. *Asif M., Junussov M., Longinos S., Hazlett R., Satibekova S.* CO_2 storage capacity of coal seams: a screening and geological review of carboniferous coal formations of Kazakhstan // International Journal of Coal Science & Technology. 2025, vol. 12, article 18. DOI: 10.1007/s40789-025-00750-z.

10. *Sebutsoe T. C.*, *Musingwini C.* Characterizing a mining production system for decision-making purposes in a platinum mine // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2017, vol. 117, no. 2, pp. 199—206.

11. *King B., Goycoolea M., Newman A.* Optimizing the open pit-to-underground mining transition // European Journal of Operational Research. 2017, vol. 257, no. 1, pp. 297 — 309.
12. *Ben-Awuah E., Richter O., Elkington T., Pourrahimian Y.* Strategic mining options optimization: Open pit mining, underground mining or both // International Journal of Mining Science and Technology. 2016, vol. 26, no. 6, pp. 1065 — 1071.
13. *Яковлев В. Л., Корнилков С. В., Соколов И. В.* Инновационный базис стратегии комплексного освоения ресурсов минерального сырья. — Екатеринбург: УрО РАН, 2018. — 360 с.
14. *Asnani Namita* Effectiveness of sustainability disclosures in the mining and metals sector — A critical analysis. Master's thesis, Harvard University Division of Continuing Education. 2022, p. 96.
15. *Wei X., Wang G., Massarotto P., Golding S.* A case study on the numerical simulation of enhanced coalbed methane recovery // SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition. 2006, pp. 1 — 6.
16. *Gunter W. D., Mavor M. J., Robinson J. R.* CO_2 storage and enhanced methane production: field testing at Fenn-Big valley, Alberta, Canada, with application / 7th International Conference on Greenhouse Gas Control. Elsevier Science Ltd, Oxford, 2005, pp. 413 — 421.
17. *Zhang Y. Q.* Impact of green finance and environmental protection on green economic recovery in South Asian economies: Mediating role of Fintech // Economic Change and Restructuring. 2023, vol. 56, no. 3, pp. 2069 — 2086. DOI: 10.1007/s10644-023-09500-0.
18. *Zhou L., Kori D. S., Sibanda M., Nhundu K.* An analysis of the differences in vulnerability to climate change: A review of rural and urban areas in South Africa // Climate. 2022, vol. 10, no. 8, pp. 1 — 22.
19. *Bosi M. K., Lajuni N., Wellfren A. C., Lim T. S.* Sustainability reporting through environmental, social and governance: A bibliometric review // Sustainability (Switzerland). 2022, vol. 14, no. 19, pp. 1 — 22.
20. *Arvidsson S., Dumay J.* Corporate ESG reporting quantity, quality and performance: Where to now for environmental policy and practice? // Business Strategy and the Environment. 2022, vol. 31, no. 3, pp. 1091 — 1110. ГИАБ

REFERENCES

1. Yessekina B. K., Galiyev S. Zh., Tekenova A. T. Methodological approaches to assessing compliance with ESG principles at mining and metallurgical enterprises of Kazakhstan. *Problemy ekonomicheskogo rosta i ustoychivogo razvitiya territoriy: Materialy IX mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii* [Problems of economic growth and sustainable development of territories: Proceedings of the IX International Scientific and Practical Online Conference], Vologda, 2024, pp. 43 — 47. [In Russ].
2. Uteshov Y., Rysbekov K., Galiyev D., Nauryzbayeva D., Galiyev S. Potential for increasing the efficiency of design processes for mining the solid mineral deposits based on digitalization and advanced analytics. *Mining of Mineral Deposits*. 2021, vol. 15, no. 2, pp. 102 — 110. DOI: 10.33271/mining15.02.102.
3. Galiev S. Zh., Uteshov E. T., Galiev D. A., Farakhov K. A. Methods and techniques for energy efficiency assessment of geotechnological facilities at opencast mines based on the in-depth analysis. *Eurasian mining*. 2021, no. 1, pp. 65 — 69. DOI: 10.17580/em.2021.01.13.
4. Li Benzheng, Shi Yongkui, Hao Jian, Ma Chengyun, Pang Chuming, Yang Huidi *Research on a carbon emission calculation model and method for an underground fully mechanized mining process*. Energies, Basel, Switzerland: MDPI. 2022, vol. 15, no. 8, pp. 2871 — 2900.
5. Ronalter L. M., Bernardo M., Romaní J. M. Quality and environmental management systems as business tools to enhance ESG performance: A cross regional empirical study. *Environment, Development and Sustainability*. 2022, vol. 25, no. 9, pp. 9067 — 9109. DOI: 10.1007/s10668-022-02425-0.
6. Tleppayev A., Zeinolla S. Climate change, CO_2 emission, and economic development: evidence from Kazakhstan. *Central Asian Journal of Sustainability and Climate Research*. 2023, pp. 62 — 82. DOI: 10.29258/CAJSCR/2023-R1.v2-1/62-82.
7. Vassilyev S., Iskakov G. Coal mine methane in Kazakhstan: economic and environmental case study. *Central Asian Journal of Sustainability and Climate Research*. 2024, pp. 96 — 125. DOI: 10.29258/CAJSCR/2024-R1.v3-1/96-125.
8. Zarubin M., Statsenko L., Spiridonov P., Zarubina V., Melkoumian N., Salykova O. A GIS software module for environmental impact assessment of the open pit mining projects for small mining operators in Kazakhstan. *Sustainability*. 2021, vol. 13, no. 12, article 6971. DOI: 10.3390/su13126971.

9. Asif M., Junussov M., Longinos S., Hazlett R., Satibekova S. CO_2 storage capacity of coal seams: a screening and geological review of carboniferous coal formations of Kazakhstan. *International Journal of Coal Science & Technology*. 2025, vol. 12, article 18. DOI: 10.1007/s40789-025-00750-z.

10. Sebutsoe T. C., Musingwini C. Characterizing a mining production system for decision-making purposes in a platinum mine. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2017, vol. 117, no. 2, pp. 199 — 206.

11. King B., Goycoolea M., Newman A. Optimizing the open pit-to-underground mining transition. *European Journal of Operational Research*. 2017, vol. 257, no. 1, pp. 297 — 309.

12. Ben-Awuah E., Richter O., Elkington T., Pourrahimian Y. Strategic mining options optimization: Open pit mining, underground mining or both. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2016, vol. 26, no. 6, pp. 1065 — 1071.

13. Yakovlev V. L., Kornilkov S. V., Sokolov I. V. *Innovatsionnyi bazis strategii kompleksnogo osvoeniya resursov mineral'nogo syr'ya* [Innovative basis of the strategy for integrated development of mineral resources], Ekaterinburg, 2018, 360 p.

14. Asnani Namita *Effectiveness of sustainability disclosures in the mining and metals sector — A critical analysis*. Master's thesis, Harvard University Division of Continuing Education. 2022, p. 96.

15. Wei X., Wang G., Massarotto P., Golding S. A case study on the numerical simulation of enhanced coalbed methane recovery. *SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition*. 2006, pp. 1 — 6.

16. Gunter W. D., Mavor M. J., Robinson J. R. CO_2 storage and enhanced methane production: field testing at Fenn-Big valley, Alberta, Canada, with application. *7th International Conference on Greenhouse Gas Control*. Elsevier Science Ltd, Oxford, 2005, pp. 413 — 421.

17. Zhang Y. Q. Impact of green finance and environmental protection on green economic recovery in South Asian economies: Mediating role of Fintech. *Economic Change and Restructuring*. 2023, vol. 56, no. 3, pp. 2069 — 2086. DOI: 10.1007/s10644-023-09500-0.

18. Zhou L., Kori D. S., Sibanda M., Nhundu K. An analysis of the differences in vulnerability to climate change: A review of rural and urban areas in South Africa. *Climate*. 2022, vol. 10, no. 8, pp. 1 — 22.

19. Bosi M. K., Lajuni N., Wellfren A. C., Lim T. S. Sustainability reporting through environmental, social and governance: A bibliometric review. *Sustainability (Switzerland)*. 2022, vol. 14, no. 19, pp. 1 — 22.

20. Arvidsson S., Dumay J. Corporate ESG reporting quantity, quality and performance: Where to now for environmental policy and practice? *Business Strategy and the Environment*. 2022, vol. 31, no. 3, pp. 1091 — 1110.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Текенова Айжан Турсыновна — докторант PhD,
Satbayev University, Алматы, Казахстан,
e-mail: amazhekenova@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0002-6912-1631,
Есекина Бахыт Камалбековна — д-р экон. наук, профессор,
директор, НОЦ «Green Academy», Астана, Казахстан,
e-mail: byessekina@green-academy.kz,
ORCID ID: 0000-0002-8996-9816,
Галиев Сейтгали Жолдасович[1] — академик Национальной
академии наук Республики Казахстан, д-р техн. наук, профессор,
заведующий отделом, e-mail: seitgaligaliyev@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0002-6918-419X,
Утешов Ержан Турсынович[1] — PhD, директор,
e-mail: yuteshov@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7658-6285,
Галиев Данияр Айткалиевич[1] — PhD, зав. лабораторией,
e-mail: 87773012986@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1882-7108,
[1] Институт горного дела имени Д.А. Кунаева, Алматы, 050046, Казахстан.
Для контактов: Текенова А.Т., e-mail: amazhekenova@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

A.T. Tekenova, PhD Student, Satbayev University,
Almaty, 050013, Kazakhstan, e-mail: amazhekenova@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0002-6912-1631,
B.K. Yessekina, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Director,
Scientific Research and Education Center «Green Academy»,
Astana, 020000, Kazakhstan, e-mail: byessekina@green-academy.kz,
ORCID ID: 0000-0002-8996-9816,
S.Zh. Galiyev[1], Academician of the National Academy of Sciences
of the Republic of Kazakhstan, Dr. Sci. (Eng.), Professor,
Head of Department, e-mail: seitgaligaliyev@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0002-6918-419X,
Y.T. Uteshov[1], PhD, Director, e-mail: yuteshov@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0002-7658-6285,
D.A. Galiyev[1], PhD, Head of Laboratory, e-mail: 87773012986@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0002-1882-7108,
[1] D.A. Kunaev Institute of Mining, Almaty, 050046, Kazakhstan.
Corresponding author: A.T. Tekenova, e-mail: amazhekenova@mail.ru.

Получена редакцией 09.10.2025; получена после рецензии 02.02.2026; принята к печати 10.05.2026.
Received by the editors 09.10.2025; received after the review 02.02.2026; accepted for printing 10.05.2026.

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

ОЦЕНКА РАЙОНА ХАНАС В ИРАКЕ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО ГЕОПАРКА

(2025, № 12, СВ 33, 16 с.)

Аль-Замели Сайф Салим Ибрахим — аспирант, НИТУ МИСИС, e-mail: m2000004@edu.misis.ru,
Амера Исмаил Хуссейн — профессор, Университет Тикрит, Ирак, e-mail: amera_hussain@tu.edu.iq,
Батугин Андриан Сергеевич — профессор, НИТУ МИСИС, e-mail: as-bat@mail.ru.

Рассмотрен археологический район Ханас в Ираке, где имеются остатки древних каменоломен и водопровода. Полевые исследования, включающие общий осмотр, идентификацию геомеханических опасностей, оценку сохранности исторических и технических объектов, были проведены летом 2025 г. Получены необходимые показатели для оценки по методу GAM (Geosite Assessment Method) пригодности территории для организации здесь природно-техногенного парка. Установлено, что имеется повышенный риск развития опасных геомеханических процессов. Рекомендуется для обеспечения условий безопасности провести реабилитационные мероприятия по удалению нависающих скальных уступов, поставить ограждения в местах нависающих карнизов, благоустроить берега реки Ханас, создать туристическую инфраструктуру за пределами территории с охраняемыми объектами.

Ключевые слова: геопарк, метод GAM, археологические памятники, оценка рисков, естественная эрозия, выветривание, наводнения, сейсмическая активность, геонаследие, устойчивость склонов.

ASSESSMENT OF KHANAS AREA IN MATERIALS FOR ORGANIZATION OF A NATURAL AND MAN-MADE GEOPARK

Al-zamely Saif Salim Ibraheem, Graduate Student, NUST MISIS, 119049, Moscow, Russia, e-mail: m2000004@edu.misis.ru,
Amera Ismael Hussain, Professor, Applied Geology Department Tikrit University, Iraq, e-mail: amera_hussain@tu.edu.iq,
A.S. Batugin, Professor, NUST MISIS, 119049, Moscow, Russia, e-mail: as-bat@mail.ru.

The archaeological region of Khanas in Iraq, where there are remains of ancient quarries and plumbing, is considered. Field studies in the area, including a general inspection, identification of geomechanical hazards, and an assessment of the preservation of historical and technical facilities, were conducted in the summer of 2025. The necessary indicators have been obtained to assess the suitability of the territory for the organization of a natural and man-made park using the GAM (Geosite Assessment Method) method. It has been established that there is an increased risk of dangerous geomechanical processes in the studied area. In order to ensure safety conditions, it is recommended to carry out rehabilitation measures to remove overhanging rocky ledges, install fences in places of overhanging eaves, improve the banks of the Khanas River, and create a tourist infrastructure outside the territory with protected facilities.

Key words: geopark, GAM method, archaeological sites, risk assessment, natural erosion, weathering, floods, seismic activity, geoscience, slope stability.