ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2026;(9):85-102
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 550.34:551.24:622.83 DOI: 10.25018/0236_1493_2026_9_0_85

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ВЫБОРА ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПАРКА

С.С. Аль-Замели[1], А.С. Батугин[1], Е.И. Чесалова[2], Амира И. Хуссейн[3], Ван Цжизян[4]

[1] Университет науки и технологий МИСИС, Москва, Россия, e-mail: m2000004@edu.misis.ru
[2] Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия
[3] Университет Тикрит, кафедра прикладной геологии, Ирак
[4] Китайский университет горного дела и технологий, Пекин, Китай

Аннотация: Геодинамические и геомеханические процессы, возникающие при добыче полезных ископаемых, предлагается рассматривать как важную часть георазнообразия. Создание природно-техногенных парков в горнопромышленных регионах представляет собой привлекательный подход к продвижению экологического образования, пропаганде научных достижений, созданию площадок для проведения научных исследований. Исследуется возможность применения модели оценки территорий (модели оценки геологических объектов) для выбора мест для природно-техногенных геодинамических парков. Цель данного исследования – оценить, как анализ техногенных геодинамических процессов может быть интегрирован в систему модели оценки геологических объектов для ее адаптации к условиям горнопромышленных районов. В работе сравниваются оценки для двух объектов – поля шахты Хуафэн (Китай) и поля шахты имени С.М. Кирова (Кузбасс, Россия). На обоих объектах развитие получили интенсивные процессы сдвижения, техногенная сейсмичность, имеются выраженные в рельефе геодинамические зоны. Для этих объектов анализируется научная, образовательная, ландшафтная, эстетическая, природоохранная, функциональная и туристическая ценность. Показано, что базовая модель оценки геологического объекта требует модификации при выборе мест размещения природно-техногенных геодинамических парков, в частности, путем включения дополнительного показателя геоэкологической безопасности, отражающего геомеханические, геодинамические, геохимические, геофизические и антропогенные риски. Сделан вывод о целесообразности использования адаптированной модели оценки геологических объектов для обоснования создания локальных геодинамических парков и поддержки решений в области охраны геонаследия и устойчивого развития горнодобывающих районов.

Ключевые слова: геонаследие, геодинамический геопарк, сдвижение, техногенная сейсмичность, геодинамические зоны, провалы, метод модели оценки геологических объектов, геоэкологическая безопасность.

Для цитирования: *Аль-Замели С. С., Батугин А. С., Чесалова Е. И., Амира И. Хуссейн, Ван Цжизян* Совершенствование модели оценки геологических объектов для выбора территории природно-техногенного геодинамического парка // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2026. – № 9. – С. 85–102. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_9_0_85.

© С.С. Аль-Замели, А.С. Батугин, Е.И. Чесалова, Амира И. Хуссейн, Ван Цжизян. 2026.

Improvement of the Geosite Assessment Model for Selecting a Territory for a Natural–Technogenic Geodynamic Park

S.S. Al-zamely[1], A.S. Batugin[1], E.I. Chesalova[2], Amera I. Hussain[3], Wang Zhiqiang[4]

[1] University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russia, e-mail: m2000004@edu.misis.ru
[2] V.I. Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
[3] University of Tikrit, Department of Applied Geology, Iraq
[4] China University of Mining & Technology, Beijing, China

Abstract: It is suggested to assume geomechanical and geodynamic processes originating during mineral mining as an important part of geodiversity. Creation of natural–man-made parks in mining regions is an attractive approach to promotion of environmental education, popularization of scientific achievements and generation of sites for scientific research. This article discusses applicability of an area evaluation model (geological site assessment model) to selection of places for natural–man-made geodynamic parks. The aim of the study is to estimate how the induced geodynamics analysis can be integrated in the geological site assessment model for its adaptation to the conditions of mining regions. The study compares estimates of two sites — the Huafeng mine in China and the Kirov mine in Kuzbass, Russia. Both sites feature intense movement, induced seismicity and zones of geodynamics observable on terrain. The value of these sites is analyzed in terms of science, education, landscape, aesthetics, nature protection, functionality and tourism. The reference model of geological site assessment needs modification for selecting places for natural–man-made geodynamic parks, in particular, it is necessary to include an additional indicator of geoecological safety, reflective of geomechanical, geodynamic, geochemical, geophysical and anthropogenic risks. It is concluded on the expediency of using the adapted model of geological site assessment to justify creation of local geodynamic parks and to support decision-making on geoheritage protection and sustainable development in mining regions.

Key words: geoheritage, geodynamic geopark, movement, induced seismicity, geodynamics zones, sinkholes, method of geological site assessment model, geoecological safety.

For citation: Al-zamely S. S., Batugin A. S., Chesalova E. I., Amera I. Hussain, Wang Zhiqiang Improvement of the Geosite Assessment Model for Selecting a Territory for a Natural–Technogenic Geodynamic Park. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2026;(9):85-102. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_9_0_85.

Введение

Согласно документам ЮНЕСКО, георазнообразие включает процессы, которые создают и преобразуют природное разнообразие абиотических компонентов Земли, как на поверхности, так и в ее недрах. Среди этих процессов центральную роль играет геодинамическая активность, поскольку она напрямую контролирует структуру земной коры, эволюцию рельефа поверхности, влияет на геоэкологическую ситуацию. С этой точки зрения изучение геодинамических процессов важно для понимания геологического разнообразия и его пространственного выражения. В ответ на растущее признание георазнообразия в качестве ценного природного наследия, по всему миру на разных иерархических уровнях были созданы геопарки для содействия сохранению, изучению и использованию геологических объектов. Геодинамические парки сохраняют места, где явно выражены активные или унаследованные геодинамические процессы. Ярким примером является гео-

парк Тингвеллир в Исландии, расположенный на границе между Евразийской и Североамериканской литосферными плитами, где геодинамические процессы составляют основную ценность геологического наследия и формируют основу для научных исследований и геотуризма [1]. В таких геодинамических парках представлены, как правило, глобальные геодинамические процессы, которые протекают в геологическом масштабе времени. Однако, как известно, не только в сейсмоактивных районах, но и во внутренних частях литосферных плит обнаруживаются современные тектонические блоки разных масштабных уровней, границы которых выражены в современном рельефе, а сами блоки испытывают дифференциальные движения [2]. При исследовании природы локальных геодинамических процессов, таких, как сдвижение, динамические явления в шахтах (горные удары, внезапные выбросы угля и газа), техногенная сейсмичность, реактивация нарушений, сделан вывод о взаимодействии глобальных геодинамических и локальных геомеханических процессов [2, 3]. Несомненно, что эти процессы имеют большую научную значимость и, образовательный потенциал, но, возможно, меньшую эстетическую и туристическую привлекательность. Уже есть опыт создания горных парков в разных странах мира [4], но мы хотим акцентировать внимание на ценности для науки и образования локальных геодинамических процессов, возникающих как результат реакции геологической среды на техногенное воздействие.

Геодинамическая реакция геологической среды на техногенное воздействие может проявляться в виде динамических явлений в шахтах [5—7], процессов сдвижения с деформированием земной поверхности [8], оползневых явлений [9, 10], реактивации разломов [11], активизации геодинамических зон [12, 13], возникновении техногенной сейсмичности [14—16]. Все эти процессы изучены в разной степени, но их уникальные проявления вызывают большой интерес и ценны своей научной и образовательной составляющей. В совокупности с другими процессами и опасностями, свойственными деятельности по освоению недр [17], геодинамические процессы и явления могут составить ядро ценностного содержания локального геодинамического парка. В такой постановке существует проблема выбора подходящей территории для природно-техногенного парка, поскольку в горнопромышленных районах имеется множество соответствующих техногенных объектов, из-за наличия которых возникает сложная неблагоприятная экологическая и геодинамическая ситуация [18, 19].

В последние годы количественные методы оценки геологических объектов приобрели популярность как инструменты, способствующие объективному сравнению и управлению ресурсами геологического наследия. Среди этих методов широко применяется модель оценки геологических объектов GAM (Geosite Assessment Method), которая использует стандартизированные количественные критерии, отражающие научную, образовательную и туристическую ценность, а также уязвимость объекта и деградацию окружающей среды [20]. Предыдущие исследования показали, что интеграция анализа геодинамических процессов в оценку на основе GAM повышает научную обоснованность и обеспечивает методологическую основу для планирования геопарков [21].

Несмотря на широкое применение модели GAM в оценке объектов природного геонаследия, она не нашла пока применения в районах с активизацией природно-техногенных геодинамических

процессов. В Кузбассе, например, проявляется взаимодействие между системой природных блоков земной коры и антропогенными геомеханическими процессами, возникающими в результате разработки недр. Такие геодинамические процессы, как сдвижение, техногенная сейсмичность, активизация геодинамических зон, несомненно являются частью георазнообразия и их проявление представляет интерес для науки и образования.

Это поднимает вопрос о том, можно ли эффективно адаптировать модель GAM для учета комбинированных природных и техногенных геодинамических факторов при обосновании создания местных геодинамических геопарков в промышленных районах.

В настоящем исследовании рассматривается этот пробел путем оценки применимости модели GAM на примере двух шахтных полей, расположенных в различных районах, но схожих проявлениями геодинамической активности. Цель данного исследования — оценить, как анализ геодинамических процессов может быть интегрирован в систему GAM для количественного анализа таких территорий и адаптировать ее с учетом специфических характеристик природных и техногенных объектов в условиях активного антропогенного воздействия. Основная задача состоит в получении количественных оценок, продемонстрированных на конкретных примерах и обосновывающих создание местных геодинамических геопарков.

Материалы и методы

В этом разделе описываются область исследования, источники данных и методологическая основа, использованная для интеграции анализа геодинамических процессов в модель (GAM), включая выбор критериев оценки, процедуры подсчета баллов и оценку природных и техногенных геодинамических факторов.

Модель GAM и опыт ее использования

Модель GAM была впервые предложена в работе [20] и в настоящее время наиболее широко используется в Сербии. Здесь было проведено большинство исследований по оценке значимости различных геологических условий [22, 23]. Постепенно предложенный подход приобрел популярность и используется во многих европейских странах, где выбор геопарков способствует образовательной деятельности, охране объектов и развитию инфраструктуры [24]. Модель GAM также использовалась в Иране при выборе мест для геопарка [25], в Индии при отборе географического наследия для развития [26], а также в Ираке при отборе перспективных территорий для экологического туризма [27]. В Северной и Южной Америке, Африке при выборе мест для геопарков основное внимание уделялось геологическому разнообразию, вулканизму и устойчивому землепользованию [28]. Имеется небольшой опыт использования этой модели при выборе места геодинамического парка в Ираке [21], однако этот подход нуждается в развитии.

Схема оценки природно-техногенных геодинамических парков на основе традиционной модели GAM

В работе [21] предложено использовать модель GAM для оценки территорий при выборе мест для создания природно-техногенных геодинамических геопарков. Основные ценности, для которых предложено производить оценку, представлены в табл. 1.

Каждый параметр оценивается по порядковой шкале, обычно со значениями 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1.

Таблица 1

Предлагаемые индикаторы для оценки геодинамических объектов в методе GAM
Proposed indicators for assessing geodynamic features on the GAM method

Индикаторы	Оценка				
	0	**0,25**	**0,5**	**0,75**	**1**
Научная/образовательная ценность (VSE)					
1. Уникальность объекта на разных уровнях	обычный	региональный	национальный	международный	уникальное явление
2. Значимость: степень, в которой объект представляет геодинамические процессы	нет	низкая	умеренная	высокая	максимальная
3. Отражение научной значимости в научных статьях и докладах, посвященных данному объекту	нет	местные публикации	региональные публикации	национальные публикации	международные публикации
4. Степень выраженности геодинамических процессов	нет	слабая, можно объяснить только специалистам	умеренная, выражено, но трудно объяснить неспециалистам	средняя, легко объяснить неспециалистам	хорошая, очевидная выраженность
Пейзажная/эстетическая ценность (VSA)					
Геодинамические объекты	нет	1	2 — 3	4	более 6
Площадь участка	очень малая (до 100 м^2)	малая (до 1 км^2)	средняя (до 50 км^2)	большая (50 — 100 км^2)	очень большая (более 100 км^2)
Качество геодинамических объектов	низкое	умеренное	среднее	хорошее	высокое
Качество окружающей среды	низкое	умеренное	среднее	хорошее	высокое
Сохранность (защита) объекта					
Текущее состояние объекта с точки зрения его репрезентативности	практически уничтожен	сильно поврежден	умеренно поврежден	слегка поврежден	представительный объект хорошей сохранности
Уровень защиты объекта от природных процессов	не защищен	местный уровень	региональный уровень	национальный уровень	международный уровень
Уровень воздействия на объект в результате деятельности человека	необратимый	высокий	средний	низкий	отсутствует
Допустимое количество посетителей	1 — 2	от 1 до 10	10	20 — 50	более 50

Сравнительная оценка пригодности территорий для организации природно-техногенных геопарков на примере двух шахтных полей

В этом разделе мы приводим оценку двух шахтных полей с точки зрения их привлекательности как потенциальных природно-техногенных геодинамических парков, используя схему, представленную в табл. 1. Открытие взаимосвязи между глобальными геодинамическими процессами и локальными геомеханическими процессами считается крупным научным достижением XX в. [3], поэтому при выборе двух шахтных полей мы стремились учесть этот научный результат. В области геомеханики и горной геодинамики одними из первых таких работ были исследования по разработке нового научного направления «Геодинамика недр» и метода геодинамического районирования [2], однако изученные объекты не рассматривались с точки зрения их образовательной и научной ценности.

В методе геодинамического районирования используется идея иерархической блочной структуры земной коры. Крупные блоки земной коры состоят из более мелких блоков, которые, в свою очередь, состоят из еще более мелких и т.д. В выбранных нами примерах мы стремились представить такие объекты, на которых можно было бы проследить иерархию геодинамических структур и наблюдать или изучать техногенные геодинамические процессы и последствия их проявления. Мы полагаем, что такие объекты также являются частью георазнообразия и геонаследия.

В качестве объектов для оценки мы выбрали шахту Хуафэн в Китае и шахту им. С.М. Кирова в Кузбассе. На этих шахтах проводились работы по геодинамическому районированию [29]. Здесь выявлены геодинамические зоны разных иерархических порядков, отмечено активное развитие процессов сдвижения, возникла техногенная сейсмичность, имеются другие объекты, связанные с проявлением геодинамических процессов.

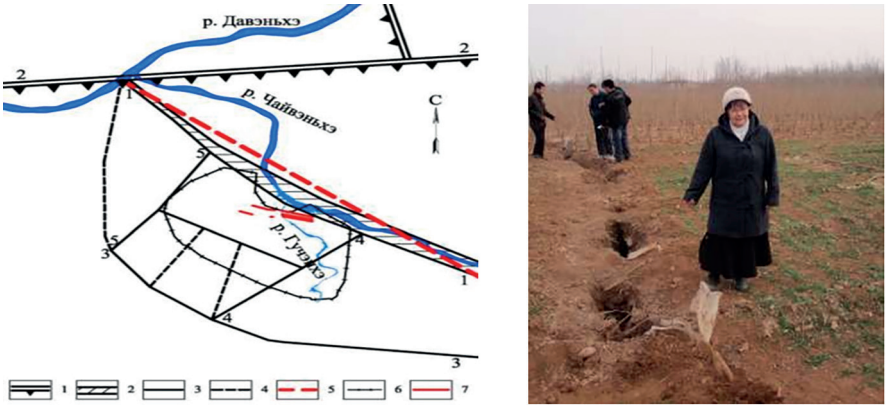
Шахта Хуафэн в Китае

Шахта Хуафэн расположена в западной части угольного месторождения Синьвэнь, недалеко от города Хуафэн в провинции Шаньдун, в восточной части Китая. Этот район представляет собой низменность, расположенную между горами Кулайшань и Мэншань. Поле шахты пересекают река Чайвэньхэ и ее приток Гучэнхэ. Основным является пласт 4 мощностью около 6 м. При глубине ведения горных работ около 700 м на поверхности земли начали образовываться глубокие и протяженные трещины. Например, рядом с деревней Наньлянфу трещины достигали ширины более 5 м и глубины более 11 м. В некоторых случаях они соединяли поверхность с областью ведения горных работ, что было подтверждено бурением. Цяо Ц. и другие авторы исследования отметили, что на глубине около 600 м фронт горных работ приблизился к границе тектонических блоков, что привело к интенсивному образованию трещин (рис. 1) [29].

Кроме того, на шахте отмечены сейсмические события 7-го энергетического класса, в результате чего было принято решение о переносе деревни Наньлянфу в другое место.

Шахта им. С.М. Кирова в Кузбассе

Шахта имени С.М. Кирова расположена в городе Ленинск-Кузнецкий Кемеровской области. Предприятие входит в компанию АО «СУЭК-Кузбасс» и является одной из крупных угольных шахт Кузнецкого угольного бассейна. На шахте имеется уникальный опыт заблаговременной дегазации угольных пластов [30], проводились исследования



1, 2, 3 – границы блоков 2-го, 3-го, 4-го рангов соответственно;
4 – предполагаемые границы блоков 4-го ранга; 5 – предполагаемое продолжение Мэншаньского разлома; 6 – граница шахтного поля; 7 – трещины на земной поверхности

Рис. 1. Шахта Хуафэн (Китай): схема блочного строения района шахты (а); фрагментарное строение трещин на поверхности (б)

Fig. 1. Huafeng Mine (China): diagram of the block structure of the mine area (a); fragmentary structure of surface fractures (b)

по оценке напряженного состояния тектонофизическими методами с учетом положения геодинамических зон, проведены работы по газовой томографии. В настоящее время Кузбасс является одним из горнопромышленных районов России с техногенной сейсмичностью. В том числе техногенная сейсмичность отмечается на поле шахты им. С.М. Кирова [15]. На рис. 2 представлена схема шахтного поля с элементами тектоники и геодинамических зон, полученных разными авторами [2, 15].

Оценка территорий

В этом подразделе мы приводим оценку двух шахтных полей, используя схему, представленную в табл. 1.

Оценка научно-образовательной ценности территории

По индикатору «Уникальность объекта» для шахты Хуафэн даем максимальную оценку 1, поскольку здесь можно наблюдать уникальные деформации, связанные со сдвижением как продуктом взаимодействия глобальных геодинамических и локальных геомеханических процессов. Шахта им. С.М. Кирова также является уникальным объектом, находящимся в геодинамически активном районе Кузбасса, но без ярких ано-

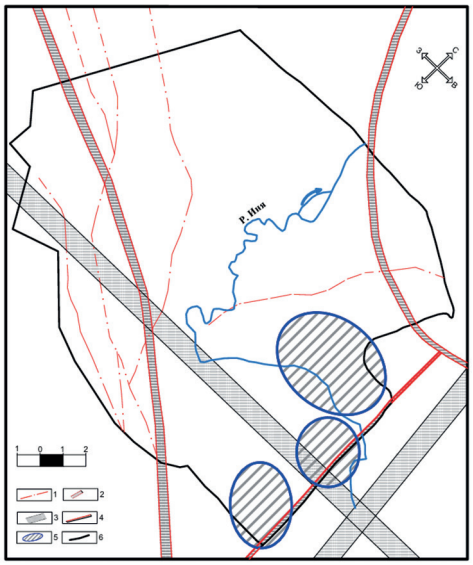


Рис. 2. Геодинамические зоны и места проявления сейсмичности на шахте им. С.М. Кирова в Кузбассе (по материалам работ [2, 15])

Fig. 2. Geodynamic zones and areas of seismic activity at the Kirov Mine in Kuzbass (based on published works [2, 15])

а) б)

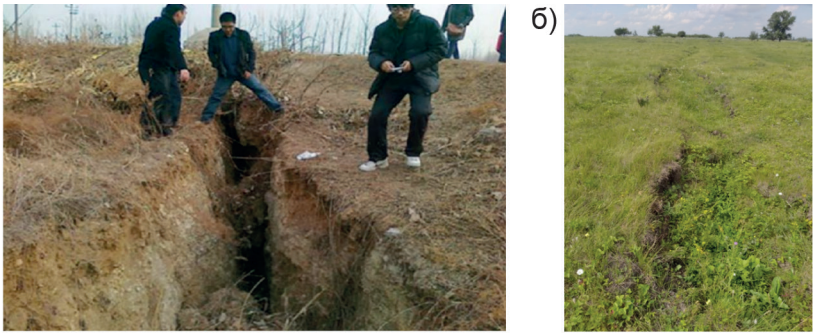


Рис. 3. Трещины сдвижения на поверхности шахтных полей: на поле шахты Хуафэн (а); на поле шахты им С.М. Кирова (б)

Fig. 3. Strike-slip faults on the surface of mining fields: at the Huafeng mine field (a); at the Im Kirov mine field (b)

малий в процессах сдвижения. Даем оценку 0,75.

По индикатору «Значимость: степень, в которой объект представляет геодинамические процессы» для шахты Хуафэн даем оценку 0,75 в связи с тем, что здесь доступна для ознакомления геодинамическая зона, на поверхности выражены деформации, возникшие при сдвижении, имеются карстовые проявления, отмечается техногенная сейсмичность. На шахте им. С.М. Кирова прослеживаются геодинамические зоны разных порядков, отмечен выход шахтных газов на поверхность [31], проявляется техногенная сейсмичность, легко наблюдать последствия сдвижения. Оценка 0,75.

Индикатор «Отражение научной значимости в научных статях и докладах, посвященных данному объекту». Оба объекта могут быть высоко оценены, так как по ним имеются публикации на разных языках и в международных журналах [29 — 32].

Индикатор «Степень выраженности геодинамических процессов». На шахтных полях можно наблюдать трещины на земной поверхности (рис. 3). Другие геодинамические процессы выражены слабее или недоступны для восприятия без специальной аппаратуры.

Итого, по первому блоку табл. 1 получаем оценки, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Оценка научно-образовательной ценности территории
Assessment of the area's scientific and educational value

Индикаторы	**Оценка**	
	Шахта Хуафэн, Китай	**Шахта им. С.М. Кирова, Кузбасс**
1. Уникальность объекта на разных уровнях	1,0	0,75
2. Значимость: степень, в которой объект представляет геодинамические процессы	1,0	0
3. Отражение научной значимости в научных статях и докладах, посвященных данному объекту	1,0	0,7
4. Степень выраженности геодинамических процессов	0, 5	0,75
Суммарный балл	3,5	3,0

Таблица 3

Геодинамические объекты района шахты Хуафэн, по материалам работы [29]
Geodynamic features of the Huafeng Mine area

Геодинамический объект	Описание
1. Геодинамические зоны	Зона Мэншаньского разлома – овраг с крутыми бортами высотой до 5 м; Границы более мелких блоков находят отражение в овражной сети
2. Участки с техногенной сейсмичностью	На шахте отмечалось до 20 горных ударов в год с энергией до 107 Дж с сейсмическим воздействием на земную поверхность. Имеется стационарная сейсмостанция
3. Трещины на поверхности	Имеются трещины длиной до 700 м и раскрытием 0,5–1 м, местами до 5 м
4. Провалы различного генезиса	Имеются провалы диаметром до 5 м
5. Реактивированные нарушения	Имеются прямолинейные и кулисообразно расположенные фрагменты реактивированных нарушений
6. Разрушение на поверхности	Имеются разрушенные здания и разрушенная мелиоративная сеть в зоне сдвижений

Оценка пейзажной /эстетической ценности территории (VSA)

На территории шахты Хуафэн и шахты им. С.М. Кирова представлены формы рельефа, созданные как природными, так и антропогенными процессами. Контраст между промышленными и природными ландшафтами придает объектам выразительность с эстетической точки зрения. На обоих шахтных полях обеспечивается визуальная доступность природно-техногенных геодинамических процессов, что делает их привлекательными для изучения и наблюдения.

По индикатору «Геодинамические объекты» даем для поля шахты Хуафэн оценку 1, так как имеется не менее 6 объектов, характеризующих геодинамическую ситуацию, и 0,75 для поля шахты им. С.М. Кирова (табл. 3, 4).

Таблица 4

Геодинамические объекты на поле шахты им. Кирова
Geodynamic features in the Kirov Mine area

Геодинамические объекты	Описание
1. Геодинамические зоны	имеются геодинамические зоны разных иерархических уровней
2. Участки с техногенной сейсмичностью	имеются участки с техногенной сейсмичностью
3. Трещины на поверхности	имеются трещины на поверхности в мульде сдвижения
4. Провалы различного генезиса	имеются провалы на поверхности
5. Реактивированные нарушения	в окрестности шахтного поля реактивирован Виноградовский взброс и имеются геодинамические зоны
6. Места выхода шахтных газов на поверхность	имеются места высокой концентрации метана [32]

Таблица 5

Сравнительная оценка пейзажной / эстетической ценности территории (VSA)
Comparative Assessment of the Landscape / Aesthetic Value of the Area (VSA)

Индикаторы	Оценка	
	Шахта Хуафэн, Китай	Шахта им. С.М. Кирова, Кузбасс
1. Геодинамические объекты	1	0,75
2. Площадь участка	0,5	0,75
3. Качество геодинамических объектов	0,5	0,5
4. Качество окружающей среды	0,5	0,25
Суммарный балл	2,5	2,25

По индикатору «площадь участка» для шахты Хуафэн даем оценку 0,50, в связи с тем, что площадь шахтного поля Хуафэн составляет около 18.9 км^2, что соответствует категории «средняя». Территория охватывает основные зоны горных работ и геодинамических проявлений, однако ее пространственный масштаб ограничен, что снижает разнообразие ландшафтных форм и визуальное восприятие.

По индикатору «площадь участка» для шахты им. С.М. Кирова даем оценку 0,75, так как площадь шахтного поля составляет более 50 км^2 и включает жилую застройку, участок русла реки Иня и пойменные земли, обеспечивает в целом более высокую степень пространственного разнообразия по сравнению с шахтой Хуафэн.

По индикатору «качество геодинамических объектов» для шахты Хуафэн даем оценку 0,5, в связи с тем, на шахтном поле сохраняются зоны трещин и деформаций, доступна для обследования зона Мэншаньского разлома. Такие геодинамические объекты, как техногенная сейсмичность, реактивированные разломы, возможно наблюдать только при участии специалистов. Морфология провалов и мелких трещин часто сглажена, что затрудняет их идентификацию и снижает научную и эстетическую ценность.

По индикатору «качество геодинамических объектов» для шахты им. С.М. Кирова также даем на среднем уровне оценку 0,50. На территории шахты им. С.М. Кирова геодинамические объекты обладают удовлетворительной степенью сохранности и визуальной различимости, что позволяет использовать их для анализа геодинамических процессов.

По индикатору «качество окружающей среды» для шахты Хуафэн даем оценку 0,5, в связи с тем, что она характеризуется умеренной степенью техногенной трансформации. Часть территории сохраняет элементы естественного рельефа и растительного покрова, что обеспечивает относительно благоприятное визуальное восприятие.

По индикатору «качество окружающей среды» для шахты им. С.М. Кирова даем оценку 0,25, в связи с тем, что в пределах участка наблюдаются существенные изменения рельефа, расположены промышленные объекты, имеются зоны высокого риска выхода шахтных газов на поверхность. Оценки представлены в табл. 5.

Оценка сохранности (защиты) объекта

Шахты Хуафэн и им. С.М. Кирова расположены вблизи урбанизированных территорий, что требует регулирования потока посетителей потенциального ге-

опарка и постоянного мониторинга его состояния. Для сохранения научной и образовательной ценности необходимы работы по документированию и картографированию геодинамических объектов, включению их в региональные проекты по охране геотуристического наследия.

По индикатору «текущее состояние объекта с точки зрения его размера и степени сохранности» для шахты Хуафэн даем оценку «хорошее» — 0,75, в связи с тем, что объект на шахте Хуафэн характеризуется достаточным пространственным развитием и относительно высокой степенью сохранности геодинамических проявлений. Ограниченное воздействие на поверхность по сравнению с более интенсивно освоенными регионами способствует лучшей сохранности объекта.

По индикатору «текущее состояние объекта с точки зрения его размера и степени сохранности» для шахты им. С.М. Кирова даем оценку «на среднем уровне» — 0,5, в связи с тем, что степень сохранности объекта снижена вследствие длительного и интенсивного горнопромышленного воздействия. Геодинамические формы частично нарушены или трансформированы техногенными процессами, что ограничивает их целостность и визуальную выраженность. Несмотря на это, отдельные элементы сохраняют научную ценность, что соответствует среднему уровню.

По индикатору «уровень защиты объекта от природных процессов» для шахты Хуафэн даем оценку 0,5. Такие геодинамические объекты, как трещины на земной поверхности, имеют низкий уровень защищенности от воздействия природных процессов, деформированные здания и мелиоративные сооружения более устойчивы к агентам выветривания, а геодинамические зоны обладают высокой степенью защиты. Однако отсутствие выраженных природных барьеров и ограниченные меры инженерной защиты способствуют высокой уязвимости территории, что соответствует в целом невысокому уровню.

По индикатору «уровень защиты объекта от природных процессов» для шахты им. С.М. Кирова также даем оценку 0,5. На шахте им. С.М. Кирова реализуются меры контроля и управления геодинамическими процессами, включая мониторинг состояния массива, дегазацию и инженерные мероприятия по снижению рисков, что обеспечивает средний уровень защищенности объекта.

По индикатору «уровень защиты объекта от деятельности человека» для шахты Хуафэн и шахты им. С.М. Кирова даем оценку 0,25, в связи с постоянно проводимыми работами по рекультивации и санации территорий. Отсутствие специализированных мер по сохранению геодинамических объектов как элементов геонаследия приводит к их частичной деградации.

По индикатору «уровень защиты от посетителей» для шахты Хуафэн даем оценку 0,5, в связи с тем, что на шахтное поле ограничен доступ из-за промышленного характера территории. Наличие производственной инфраструктуры и требований безопасности снижает вероятность неконтролируемого посещения. В то же время отсутствует специализированная система управления посещаемостью, характерная для объектов геотуризма.

По индикатору «уровень защиты от посетителей» для шахты им. С.М. Кирова даем оценку 0,5 — на среднем уровне. В связи с тем, что шахтное поле находится на территории населенного пункта, доступ граждан к объектам на поверхности не ограничен, однако геодинамические объекты не представляют интереса для проявления вандализма. Полученные оценки представлены в табл. 6.

Таблица 6

Сравнительная оценка сохранности (защиты) объектов
Comparative assessment of the preservation (protection) of sites

Индикаторы	Оценка	
	Шахта Хуафэн, Китай	Шахта им. С.М. Кирова, Кузбасс
1. Текущее состояние объекта с точки зрения его размера и степени сохранности	0,75	0,5
2. Уровень защиты объекта от природных процессов	0,5	0,5
3. Уровень защиты объекта от деятельности человека	0,25	0,5
4. Уровень защиты от посетителей	0,5	0,5
Суммарный балл	2,0	2,0

Оценка дополнительной ценности объектов

В табл. 7 представлены оценки дополнительной ценности шахтных полей как территорий потенциальных геопарков. Итого, суммарная оценка: для шахты Хуафэн — 11,5 баллов, для шахты им. С.М. Кирова — 10,75 баллов.

Обсуждение результатов

Дополнения к модели GAM для природно-техногенных геодинамических парков

Как следует из предыдущего раздела, сумма баллов по критерию «дополнительные ценности» превышает сумму баллов по критериям «научная и обра-

Таблица 7

Сравнительная оценка дополнительной ценности объектов
Comparative valuation of the added value of properties

Индикаторы	Оценка	
	Шахта Хуафэн, Китай	Шахта им. С.М. Кирова, Кузбасс
Дополнительная ценность / Функциональная ценность (VFn)		
Добраться можно различными видами транспорта или пешком	0,75	0,75
Дополнительная ценность / Туристическая ценность (VTr)		
Туристический маркетинг и уровень маркетинговой активности	0,25	0,25
Количество организованных ежегодных визитов	0,25	0,5
Близость к центру для посетителей	0,5	0,5
Качество пояснительных материалов (путеводителей)	0,75	0,5
Количество посетителей в год	0,5	0,5
Туристическая инфраструктура (визит-центр, путеводители, размещение)	0,25	0,25
Услуги туристического гида	0,25	0,25
Ресторанное обслуживание	0	0
Гостиничный сервис	0	0
Суммарный балл	3,5	3,5

Таблица 8

Оценка территорий по геоэкологической безопасности
Classification of Areas by Geo-Ecological Safety

Индикатор	Вид опасности	Краткое описание	Поле шахты Хуафэн	Поле шахты им. С.М. Кирова
GES1	геомеханическая опасность	риск оползней, селей, провалы на поверхности, трещины в земле	0,25	0,5
GES2	геодинамическая опасность	сейсмическое воздействие, опасные тектонические движения	0,75	0,75
GES3	геохимическая опасность	загрязнение воды/почвы тяжелыми элементами или органическими соединениями, выход шахтных газов на поверхность	0,5	0,75
GES4	геофизическая опасность	радиоактивные газы, другое радиационное воздействие	0,5	0,5
	Итого		2,0	2,5

зовательная ценность» и «пейзажная ценность». По-видимому, это связано с тем, что выбор мест для геопарков по классической модели GAM ориентирован прежде всего на геотуризм и дополнительные ценности в виде ресторанного обслуживания и других подобных сервисов имеют большое значение. В рассматриваемом случае с шахтными полями геодинамический парк больше имеет предназначение как площадка для научной, познавательной, образовательной деятельности, поэтому необходимо откорректировать полученные оценки с помощью весовых коэффициентов. Также на шахтных полях имеются многочисленные риски для посетителей, включая риск травмирования в провалах, риск воздействия токсичных газов и другие [17, 18, 33]. В связи с этим предлагаем включить в систему оценок GAM оценку геоэкологической безопасности (GES), представленную несколькими индексами (табл. 8). Каждый индекс оценивается по обратной шкале: 1 — отсутствие, 0,75 — низкий, 0,5 — средний, 0,25 — высокий, 0 — очень высокий.

Как видим, шахта Хуафэн имеет более низкий показатель безопасности, что является менее привлекательным при выборе мест для природно-техногенно-

Таблица 9

Весовые коэффициенты для основных показателей
Weight coefficients for main indicators

Индикатор	Весовой коэффициент	Шахта Хуафэн	Шахта им. С.М. Кирова
Научная/образовательная ценность (VSE)	1	3,5	3,0
Пейзажная/эстетическая ценность (VSA)	0,5	2,5*0,5 = 1,25	2,25*0,5 = 1,13
Ценность сохранности (защиты) объекта	1	2,0	2,0
Дополнительная ценность	0,25	3,5*0,25 = 0,88	3,5*0,25 = 0,88
Безопасность	2	2*2 = 4,0	2,5*2 = 5,0
Итого		11,63	12,01

го геодинамического парка. При этом значение показателя безопасности (2,0–2,5) сравнимо с оценочными показателями по основным ценностям объекта, и мы сталкиваемся с необходимостью выбора приоритетов путем назначения весовых коэффициентов. На данном этапе мы предлагаем ввести весовые коэффициенты, представленные в табл. 9.

Получаем, таким образом, что оценки для обоих шахтных полей достаточно близки и обе территории практически неотличимы по рейтингу. В то же время можно видеть, что с помощью подхода, предложенного в методе GAM, возможно анализировать разнородную информацию, необходимую для принятия решений по выбору подходящих участков для локальных геодинамических парков.

Заключение

Природно-техногенные геодинамические процессы на месторождениях полезных ископаемых являются частью георазнообразия и рассматриваются как объект геонаследия, представляющий собой научную, образовательную и другие ценности, которые могут быть представлены в специально организованных природно-техногенных геодинамических геопарках. На примере двух шахтных полей показано, что существующий подход к выбору территорий для геопарков, реализованный в методе GAM (Geosite Assessment Method), может быть адаптирован для выбора мест для локальных природно-техногенных геодинамических парков путем введения целевых весовых коэффициентов и добавления дополнительных разделов для оценок. Особенностью природно-техногенных геодинамических парков является относительно короткое время сохранности объектов геонаследия и повышенные геомеханический и геодинамический риски. Предложено дополнить метод GAM блоком GES для оценки этих рисков при использовании метода для выбора мест природно-техногенных геодинамических парков. Использование традиционного подхода GAM выявило примерно равный приоритет создания парка как на территории поля шахты Хуафэн, так и на территории шахты им С.М. Кирова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Gudmundsson A.* Thingvellir (Þingvellir) / GeoGuide. Cham: Springer, 2017, pp. 49—70. DOI: 10.1007/978-3-319-55152-4_5.

2. *Батугина И. М.*, *Петухов И. М.* Геодинамическое районирование месторождений при проектировании и эксплуатации рудников. — М.: Недра, 1988. — 256 с.

3. *Геомеханические* поля и процессы: экспериментально-аналитические исследования формирования и развития очаговых зон катастрофических событий в горнотехнических и природных системах: монография / отв. ред. Н. Н. Мельников. Т. 1. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. — 541 с.

4. *Морозова Л. В.* Владимир Иванович Вернадский в Карелии. Геологическая экскурсия в Рускеала // Зеленый лист. — 2012. — № 2. — С. 25—26.

5. *Кобылкин С. С.*, *Пугач А. С.* Методика прогноза горных ударов и выбора безопасного направления фронта очистных работ // Горные науки и технологии. — 2022. — № 7(2). — С. 126—136. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-2-126-136.

6. *Rasskazov I. Yu.*, *Usikov V. I.*, *Fedotova Yu. V.* Neotectonics and geodynamics of the Streltsovsky ore region according to the analysis of digital elevation models // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021, vol. 946, no. 1, article 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/946/1/012007.

7. *He M., Cheng T., Qiao Y., Li H.* A review of rockburst: Experiments, theories, and simulations // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2022, vol. 15, no. 5, pp. 1312—1353. DOI: 10.1016/j.jrmge.2022.07.014.

8. *Панжин А. А.* Исследования природной и техногенной сейсмичности Кузнецкого угольного бассейна // Проблемы недропользования. — 2024. — № 1(40). — С. 102—114. DOI: 10.25635/2313-1586.2024.01.102.

9. *Бахаева С. П.*, *Ананенко Е. В.* Мониторинг природно-технических систем «отвал–основание» // Маркшейдерия и недропользование. — 2024. — № 6(134). — С. 67—80. DOI: 10.56195/20793332_2024_6_67_76.

10. *Кутепов Ю. И.*, *Кутепова Н. А.*, *Пономаренко М. Р.*, *Кутепов Ю. Ю.* Геомеханический мониторинг устойчивости бортов разрезов и отвалов при разработке угольных месторождений // Горный журнал. — 2023. — № 5. — С. 69—74. DOI: 10.17580/gzh.2023.05.10.

11. *Soltanzadeh H.*, *Hawkes C. D.* Assessing fault reactivation tendency within and surrounding porous reservoirs during fluid production or injection // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2009, vol. 46, no. 1, pp. 1—7. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2008.03.008.

12. *Василенко Т. А.*, *Кириллов А. К.*, *Вильнер М. А.*, *Мешков А. А.*, *Галсанов Н. Л.* Оценка изменения проницаемости угольного пласта в зонах тектонических нарушений и геодинамически активных зонах // Горный журнал. — 2025. — № 11. — С. 72—79.

13. *Багаутдинов И. И.*, *Локтюкова О. Ю.*, *Шабаров А. Н.* Горные удары и их связь с геологоструктурными особенностями массива // Горный журнал. — 2025. — № 3. — С. 53—60. DOI: 10.17580/gzh.2025.03.08.

14. *Еманов А. Ф.*, *Еманов А. А.*, *Фатеев А. В.* Бачатское техногенное землетрясение 18 июня 2013 г. с ML = 6.1, I0 = 7 (Кузбасс) // Российский сейсмологический журнал. — 2020. — Т. 2. — № 1. — С. 48—61.

15. *Еманов А. А.* Закономерности развития природной и наведенной сейсмичности в Алтае-Саянском регионе по данным плотных сейсмических сетей: автореф. дис. … д-ра физ.-мат. наук: 1.6.9. — Новосибирск, 2025. — 41 с.

16. *Козырев А. А.*, *Семенова И. Э.*, *Жукова С. А.*, *Журавлева О. Г.* Факторы изменения сейсмического режима и локализации опасных зон при крупномасштабном техногенном воздействии // Горная промышленность. — 2022. — № 6. — С. 95—102. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-6-95-102.

17. *Куликова Е. Ю.*, *Баловцев С. В.*, *Скопинцева О. В.* Управление геотехническими рисками в шахтном и подземном строительстве // Устойчивое развитие горных территорий. — 2025. — Т. 17. — № 1. — С. 556—563. DOI: 10.21177/1998-4502-2025-17-1-556-563.

18. *Криницын Р. В.*, *Зубков А. В.*, *Сентябов С. В.*, *Селин К. В.* Лаборатория геодинамики и горного давления Института горного дела УрО РАН: исследования массива горных пород // Горная промышленность. — 2022. — № S1. — С. 119—126. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-S1-119-126.

19. *Куликова А. А.*, *Овчинникова Т. И.* Региональный критерий отнесения горнопромышленных регионов к территориям с наибольшей подверженностью геоэкологическим изменениям // Устойчивое развитие горных территорий. — 2023. — Т. 15. — № 1. — С. 27—34. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-27-34.

20. *Vujičić M. D.*, *Vasiljević D. A.*, *Marković S. B.*, *Hose T. A.*, *Lukić T., Hadžić O., Janićević S.* Preliminary geosite assessment model (GAM) and its application on Fruška Gora mountain, potential geotourism destination of Serbia // Acta Geographica Slovenica. 2011, vol. 51, no. 2, pp. 361—376. DOI: 10.3986/AGS51303.

21. *Аль-Замели С. С.* Оценка опасностей археологической зоны Ханас (Khinis) в Ираке / 17-я Международная школа молодых ученых и специалистов. — М.: ИПКОН РАН, 2025. — С. 387—389.

22. *Lukić D., Petrović M. D., Radovanović M. M., Syromiatnikova J. A., Bajrami D. D.* Evaluation of undiscovered archaeological geoheritage potential — the case of Rudna Glava site, Eastern Serbia // GeoJournal of Tourism and Geosites. 2021, vol. 36, no. 2 (Suppl.), pp. 654—662. DOI: 10.30892/gtg.362spl13-695.

23. *Brilha J.* Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review // Geoheritage. 2016, vol. 8, no. 2, pp. 119—134. DOI: 10.1007/s12371-014-0139-3.

24. *Braholli E., Menkshi E.* Geotourism potentials of geosites in Durrës municipality, Albania // Quaestiones Geographicae. 2021, vol. 40, no. 1, pp. 63—73. DOI: 10.2478/quageo-2021-0005.

25. *Derafshi K., Seyedhamzeh M.* Synthesis of quantitative geosite assessment models and its application on Sistan and Baluchestan Province natural heritages, potential geotourism destination of Iran // Geoheritage. 2022, vol. 14, no. 4, article 124. DOI: 10.1007/s12371-022-00752-2.

26. *Tamang L., Mandal U. K., Karmakar M., Banerjee M., Ghosh D.* Geomorphosite evaluation for geotourism development using geosite assessment model (GAM): a study from a Proterozoic terrain in eastern India // International Journal of Geoheritage and Parks. 2023, vol. 11, no. 1, pp. 82 — 99. DOI: 10.1016/j.ijgeop.2022.12.001.

27. *Talab S. A.*, *Hussain A. I.*, *Salih S. A.* Evaluation of selected geosites between Makhul and Khanuqa anticlines, Northern Salah Al-Din, Iraq // Iraqi Geological Journal. 2023, vol. 56, no. 1F, pp. 326 — 340. DOI: 10.46717/igj.56.1f.22ms-2023-6-30.

28. *Boretto G., Gordillo S., Cioccale M., Benitez Y., Morán G.* Geosite assessment in Northern Patagonia (Argentina): A case study of the coastal geomorphology of the Caleta de Los Loros Natural Protected Area // Geoheritage. 2022, vol. 14, no. 2, article 83. DOI: 10.1007/s12371-022-00703-x.

29. *Цзяньюн*, *Батугин А. С.*, *Батугина И. М.*, *Юй Лицзян, Чжао Цзинли* Условия проявления геодинамических явлений на шахте Хуафэн в Китае. — М.: Спутник+, 2016. — 158 с.

30. *Slastunov S., Kolikov K., Batugin A., Sadov A., Khautiev A.* Improvement of intensive inseam gas drainage technology at Kirova mine in Kuznetsk coal basin // Energies. 2022, vol. 15, no. 3, article 1047. DOI: 10.3390/en15031047.

31. *Попов А. Л.*, *Шабаров А. Н.* Комплексный прогноз опасных явлений на основе геодинамического районирования и искусственных нейронных сетей. Руководство по геодинамическому районированию // Вестник государственной экспертизы. — 2020. — Спецвыпуск. — С. 62 — 66.

32. *Zhang Junwen, Liu Chang, Li Yulin, Wang Z.* Study on the surrounding rock structure of stagger layout roadway and its pressure release as well as deformation yielding mechanism // Journal of China Coal Society. 2018, vol. 43, no. 8, pp. 2133 — 2143. DOI: 10.13225/j.cnki.jccs.2018.0155.

33. *Batugin A., Kobylkin A., Kolikov K., Ivannikov A., Musina V., Khotchenkov E., Zunduijamts B., Ertuganova E., Krasnoshtanov D.* Study of the migrating mine gas piston effect during reactivation of tectonic faults // Applied Sciences. 2023, vol. 13, no. 21, article 12041. DOI: 10.3390/app132112041. ГИАБ

REFERENCES

1. Gudmundsson A. *Thingvellir (Þingvellir)*. GeoGuide. Cham: Springer, 2017, pp. 49 — 70. DOI: 10.1007/978-3-319-55152-4_5.

2. Batugina I. M., Petukhov I. M. *Geodinamicheskoe rayonirovanie mestorozhdeniy pri proektirovanii i ekspluatatsii rudnikov* [Geodynamic Zoning of Deposits in Mine Design and Operation], Moscow, Nedra, 1988, 256 p.

3. *Geomekhanicheskie polya i protsessy: eksperimental'no-analiticheskie issledovaniya formirovaniya i razvitiya ochagovykh zon katastroficheskikh sobytiy v gornotekhnicheskikh i prirodnykh sistemakh: monografiya*, otv. red. N. N. Mel'nikov, t. 1 [Geomechanical Fields and Processes: Experimental and Analytical Research into Formation and Development of Source Zones of Catastrophic Events in Geotechnical and Natural Systems: Monograph. Vol. 1. Melnikov N.N. (ed.)], Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2018, 541 p.

4. Morozova L. V. Vladimir Ivanovich Vernadsky in Karelia. Geological Excursion to Ruskeala. *Green Leaf*. 2012, no. 2, pp. 25 — 26. [In Russ].

5. Kobylkin S. S., Pugach A. S. Methodology for rockburst prediction and selection of a safe direction of the longwall face advance. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2022, no. 7(2), pp. 126 — 136. [In Russ]. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-2-126-136.

6. Rasskazov I. Yu., Usikov V. I., Fedotova Yu. V. Neotectonics and geodynamics of the Streltsovsky ore region according to the analysis of digital elevation models. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021, vol. 946, no. 1, article 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/946/1/012007.

7. He M., Cheng T., Qiao Y., Li H. A review of rockburst: Experiments, theories, and simulations. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2022, vol. 15, no. 5, pp. 1312 — 1353. DOI: 10.1016/j.jrmge.2022.07.014.

8. Panzhin A. A. Studies of natural and technogenic seismicity of the Kuznetsk coal basin. *Problems of Subsoil Use*. 2024, no. 1(40), pp. 102 — 114. [In Russ]. DOI: 10.25635/2313-1586.2024.01.102.

9. Bakhaeva S. P., Ananenko E. V. The monitoring of the natural-and-technical systems «dump-foundation». *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2024, no. 6(134), pp. 67 — 80. [In Russ]. DOI: 10.56195/20793332_2024_6_67_76.

10. Kutepov Y. I., Kutepova N. A., Ponomarenko M. R., Kutepov Y. Y. Geomechanical monitoring of pit wall and dump stability during coal deposit mining. *Gornyi Zhurnal*. 2023, no. 5, pp. 69 — 74. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2023.05.10.

11. Soltanzadeh H., Hawkes C. D. Assessing fault reactivation tendency within and surrounding porous reservoirs during fluid production or injection. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2009, vol. 46, no. 1, pp. 1—7. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2008.03.008.

12. Vasilenko T. A., Kirillov A. K., Vilner M. A., Meshkov A. A., Galsanov N. L. Assessment of permeability changes in coal seams within tectonic disturbance zones and geodynamically active zones. *Gornyi Zhurnal*. 2025, no. 11, pp. 72—79. [In Russ].

13. Bagautdinov I. I., Loktyukova O. Yu., Shabarov A. N. Rockbursts and their relationship with geological and structural features of the rock mass. *Gornyi Zhurnal*. 2025, no. 3, pp. 53—60. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2025.03.08.

14. Emanov A. F., Emanov A. A., Fateev A. V. The Bachatsky technogenic earthquake of June 18, 2013 with ML = 6.1, I0 = 7 (Kuzbass). *Russian journal of seismology*. 2020, vol. 2, no. 1, pp. 48—61. [In Russ].

15. Emanov A. A. *Zakonomernosti razvitiya prirodnoy i navedennoy seysmichnosti v Altae-Sayanskom regione po dannym plotnykh seysmicheskikh setey* [Patterns of development of natural and induced seismicity in the Altai-Sayan region based on dense seismic network data], Doctor's thesis, Novosibirsk, 2025, 41 p.

16. Kozyrev A. A., Semenova I. E., Zhukova S. A., Zhuravleva O. G. Factors of seismic regime change and localization of hazardous zones under large-scale technogenic impact. *Russian Mining Industry Journal*. 2022, no. 6, pp. 95—102. [In Russ]. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-6-95-102.

17. Kulikova E. Yu., Balovtsev S. V., Skopintseva O. V. Geotechnical risk management in mine and underground construction. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2025, vol. 17, no. 1, pp. 556—563. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2025-17-1-556-563.

18. Krinitsyn R. V., Zubkov A. V., Sentyabov S. V., Selin K. V. Laboratory of geodynamics and rock pressure of the Institute of Mining UB RAS: Studies of rock massifs. *Russian Mining Industry Journal*. 2022, no. S1, pp. 119—126. [In Russ]. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-S1-119-126.

19. Kulikova A. A., Ovchinnikova T. I. A regional criterion for classifying mining regions as territories with the greatest exposure to geoecological changes. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2023, vol. 15, no. 1, pp. 27—34. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-27-34.

20. Vujičić M. D., Vasiljević D. A., Marković S. B., Hose T. A., Lukić T., Hadžić O., Janićević S. Preliminary geosite assessment model (GAM) and its application on Fruška Gora mountain, potential geotourism destination of Serbia. *Acta Geographica Slovenica*. 2011, vol. 51, no. 2, pp. 361—376. DOI: 10.3986/AGS51303.

21. Al-zamely S. S. Assessment of hazards in the archaeological zone of Khinis in Iraq. *17-ya Mezhdunarodnaya shkola molodykh uchenykh i spetsialistov* [17th International School of Young Scientists and Specialists], Moscow, IPKON RAN, 2025, pp. 387—389.

22. Lukić D., Petrović M. D., Radovanović M. M., Syromiatnikova J. A., Bajrami D. D. Evaluation of undiscovered archaeological geoheritage potential — the case of Rudna Glava site, Eastern Serbia. *GeoJournal of Tourism and Geosites*. 2021, vol. 36, no. 2 (Suppl.), pp. 654—662. DOI: 10.30892/gtg.362spl13-695.

23. Brilha J. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*. 2016, vol. 8, no. 2, pp. 119—134. DOI: 10.1007/s12371-014-0139-3.

24. Braholli E., Menkshi E. Geotourism potentials of geosites in Durrës municipality, Albania. *Quaestiones Geographicae*. 2021, vol. 40, no. 1, pp. 63—73. DOI: 10.2478/quageo-2021-0005.

25. Derafshi K., Seyedhamzeh M. Synthesis of quantitative geosite assessment models and its application on Sistan and Baluchestan Province natural heritages, potential geotourism destination of Iran. *Geoheritage*. 2022, vol. 14, no. 4, article 124. DOI: 10.1007/s12371-022-00752-2.

26. Tamang L., Mandal U. K., Karmakar M., Banerjee M., Ghosh D. Geomorphosite evaluation for geotourism development using geosite assessment model (GAM): a study from a Proterozoic terrain in eastern India. *International Journal of Geoheritage and Parks*. 2023, vol. 11, no. 1, pp. 82—99. DOI: 10.1016/j.ijgeop.2022.12.001.

27. Talab S. A., Hussain A. I., Salih S. A. Evaluation of selected geosites between Makhul and Khanuqa anticlines, Northern Salah Al-Din, Iraq. *Iraqi Geological Journal*. 2023, vol. 56, no. 1F, pp. 326—340. DOI: 10.46717/igj.56.1f.22ms-2023-6-30.

28. Boretto G., Gordillo S., Cioccale M., Benitez Y., Morán G. Geosite assessment in Northern Patagonia (Argentina): A case study of the coastal geomorphology of the Caleta de Los Loros Natural Protected Area. *Geoheritage*. 2022, vol. 14, no. 2, article 83. DOI: 10.1007/s12371-022-00703-x.

29. Tszyan'yun, Batugin A. S., Batugina I. M., Yuy Litszyan, Chzhao Tszinli *Usloviya proyavleniya geodinamicheskikh yavleniy na shakhte Khuafen v Kitae* [Conditions for Manifestation of Geodynamic Phenomena at Huafeng Mine in China], Moscow, Sputnik+, 2016, 158 p.

30. Slastunov S., Kolikov K., Batugin A., Sadov A., Khautiev A. Improvement of intensive in-seam gas drainage technology at Kirova mine in Kuznetsk coal basin. *Energies*. 2022, vol. 15, no. 3, article 1047. DOI: 10.3390/en15031047.

31. Popov A. L., Shabarov A. N. Integrated prediction of hazardous phenomena based on geodynamic zoning and artificial neural networks. Guidelines for geodynamic zoning. *Bulletin of State Expertise*. 2020, Special Issue, pp. 62—66. [In Russ].

32. Zhang Junwen, Liu Chang, Li Yulin, Wang Z. Study on the surrounding rock structure of stagger layout roadway and its pressure release as well as deformation yielding mechanism. *Journal of China Coal Society*. 2018, vol. 43, no. 8, pp. 2133—2143. DOI: 10.13225/j.cnki.jccs.2018.0155.

33. Batugin A., Kobylkin A., Kolikov K., Ivannikov A., Musina V., Khotchenkov E., Zunduijamts B., Ertuganova E., Krasnoshtanov D. Study of the migrating mine gas piston effect during reactivation of tectonic faults. *Applied Sciences*. 2023, vol. 13, no. 21, article 12041. DOI: 10.3390/app132112041.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Аль-Замели Сайф Салим Ибрахим[1] — аспирант,
e-mail: m2000004@edu.misis.ru, ORCID: 0009-0003-4351-0190,
Батугин Андриан Сергеевич[1] — д-р техн. наук, профессор, профессор,
e-mail: as-bat@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9227-1160,
Чесалова Елена Игоревна — научный сотрудник,
Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН,
e-mail: chesalova_ei@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3479-7241,
Хуссейн Амира Исмаил — д-р геол. наук, профессор, профессор,
Университет Тикрит, Ирак, e-mail: amera_hussain@tu.edu.iq,
ORCID: 0000-0002-9961-3098,
Ван Цжизян — д-р техн. наук, профессор, профессор,
Китайский университет горного дела и технологий, Пекин, Китай,
e-mail: wzhiqianglhm@126.com, ORCID: 0009-0003-4351-0190,
[1] Университет науки и технологий МИСИС.
Для контактов: Аль-Замели С.С., e-mail: m2000004@edu.misis.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Al-zamely Saif Salim Ibraheem[1], Graduate Student,
e-mail: m2000004@edu.misis.ru, ORCID: 0009-0003-4351-0190,
A.S. Batugin[1], Dr. Sci. (Eng.), Professor, Professor,
e-mail: as-bat@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9227-1160,
E.I. Chesalova, Researcher, V.I. Vernadsky State Geological Museum
of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
e-mail: chesalova_ei@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3479-7241,
Hussain Amera Ismael, Dr. Sci. (Geol.), Professor,
University of Tikrit, Department of Applied Geology, Iraq,
e-mail: amera_hussain@tu.edu.iq, ORCID: 0000-0002-9961-3098,
Wang Zhiqiang, Dr. Sci. (Eng.), Professor,
China University of Mining & Technology, Beijing, China,
e-mail: wzhiqianglhm@126.com, ORCID: 0009-0003-4351-0190,
[1] University of Science and Technology MISIS, 119049, Moscow, Russia.
Corresponding author: S.S. Al-zamely, e-mail: m2000004@edu.misis.ru.

Получена редакцией 16.04.2026; получена после рецензии 05.06.2026; принята к печати 10.08.2026.
Received by the editors 16.04.2026; received after the review 05.06.2026; accepted for printing 10.08.2026.