

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАСЕЙНА КАРАТАУ

Г. С. Мадимарова, Т. Нурланкызы,

*Казахский национальный исследовательский технический университет (КазННТУ) имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан;*

Д. Н. Сулейменова,

КазНУ имени Аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан;

Ш. А. Жантуева,

*Казахский национальный исследовательский технический университет (КазННТУ) имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан*

Аннотация: Приводятся результаты исследований структурных особенностей массива и прочностных свойств горных пород фосфоритовых месторождений Каратау. Рассмотрена общая закономерность изменчивости прочностных свойств пород в массиве методом математической статистики и корреляционного анализа, а также обобщены данные свойств пород по месторождениям бассейна Каратау, где установлена устойчивая связь между средней плотностью, крепостью, сцеплением, сопротивлением и глубиной их залегания. Определены напряженно-деформационное состояние массива методом разгрузки и корреляционная зависимость горизонтальных напряжений от глубины залегания. Проведена оценка степени прочности, упругости, пластичности пород и их способность к разрушению или деформации при различных нагрузках. Выявлены закономерности и параметры процесса сдвижения породных массивов, аналогичных по геологической и тектонической структуре, для прогнозирования свойств горных пород по месторождениям бассейна. Результаты исследований могут быть полезными при решении ряда технических задач на карьерах и подземных рудниках в оценке устойчивости уступов и бортов карьеров, в прогнозировании угловых параметров сдвижения, при расчете целиков и предельных пролетов потолочины.

Ключевые слова: фосфоритовые месторождения, физико-механические свойства, геомеханика, карьер, устойчивость, геомониторинг, анализ.

Для цитирования: Мадимарова Г. С., Нурланкызы Т., Сулейменова Д. Н., Жантуева Ш. А. Изучение физико-механических свойств пород месторождения бассейна Каратау // Маркшейдерия и недропользование. 2024. № 2. С. 50-55. DOI: 10.56195/20793332_2024_2_50_55.

STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ROCKS OF DEPOSITS OF THE KARATAU BASIN

G. S. Madimarova, T. Nurlankyzy, Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan;

D. N. Suleimenova, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan;

Sh. A. Zhantueva, Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Abstract: The article presents the results of studies of the structural features of the massif and the strength properties of rocks of the Karatau phosphorite deposits. The general pattern of variability of the strength properties of rocks in the massif was considered by the method of mathematical statistics and correlation analysis, as well as data on rock properties for deposits in the Karatau basin, where a stable relationship between average density, strength, adhesion, resistance and depth of their occurrence was established. The stress-strain state of the massif was determined by the unloading method and the correlation dependence of horizontal stresses on the depth of occurrence, as well as an assessment of the degree of strength, elasticity, plasticity of rocks and their ability to fracture or deformation under various loads. The regularities and parameters of the process of displacement of rock massifs similar in geological and tectonic structure for predicting the properties of rocks in the deposits of the basin are revealed. The results of the research can be useful in solving a number of technical problems in quarries and underground mines in assessing the stability of ledges and sides of quarries, in predicting angular displacement parameters, in calculating targets and ceiling spans.

Keywords: phosphorite deposits, physical and mechanical properties, geomechanics, quarry, stability, geomonitoring, analysis.

For citation: Madimarova G. S., Nurlankyzy T., Suleimenova D. N., Zhantueva Sh. A. Study of physical and mechanical properties of rocks of deposits of the Karatau basin. Surveying and subsoil use. 2024;(2):50-55. (In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2024_2_50_55.

В отечественной и зарубежной практике разработки месторождений полезных ископаемых все большее применение находит комбинированная разработка, предусматривающая ведение на одном месторождении открытых и подземных горных работ. При этом обеспечивается более полное извлечение запасов минерального сырья и улучшение технико-экономических показателей.

Современная горная наука определяет комбинированную технологию как освоение запасов месторождения различными способами при единой схеме вскрытия и подготовки, классифицирует способы разработки следующим образом: при проектировании, строительстве и эксплуатации горнодобывающих предприятий с комбинированной разработкой месторождений должны учитывать основные факторы, представляющие опасность при ведении горных работ, такие как изменение механических свойств массива горных пород при эксплуатации месторождения и процессы сдвига и деформации горных пород в зоне влияния подземной разработки с образованием зон сдвига земной поверхности, трещин, воронок и провалов [1-3].

Главной общей особенностью структуры скальных пород, которыми представлена основная масса рудных месторождений, является наличие трещин и расслоений. Систематические наблюдения за состоянием земной поверхности и расположенных на ней горнотехнических объектов при открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых являются обязательным условием обеспечения безопасности и технико-экономической эффективности горного производства.

В современной практике на горных предприятиях мониторинг деформаций земной поверхности и горнотехнических объектов производится с использованием различных маркшейдерско-геодезических методов, включая традиционные оптические, перспективные фотограмметрические (наземные, аэрофотосъемка с БПЛА) и радиолокационные наблюдения.

Изучение геомеханических процессов, происходящих внедрях Земли, выходит за географические пределы одного месторождения и требует соответствующих обобщений, выявления закономерностей и параметров процесса сдвига породных массивов, аналогичных по геологической и тектонической структуре месторождений бассейна или региона. Поэтому на начальном этапе важнейшей задачей явилось установление для пород массива основных геомеханических закономерностей и их связи со структурами месторождений и крупными тектоническими разрывами, в пределах которых размещены изучаемые месторождения.

Цель исследований

Изучение физико-механических свойств пород месторождения бассейна Каратау, направленное на повышение эффективности добычи полезных ископаемых, обеспечение безопасности работников и окружающей среды, а также оптимизацию процессов горных работ и добычи.

Объект исследований

Каратауский фосфоритоносный бассейн расположен в Жамбылской и Чимкентской областях. Запасы фосфоритов залегают в недрах хребта Малый Каратау, вытянутого на северо-запад параллельно хребту Большой Каратау и входящего в единую складчатую систему, характеризующуюся общностью тектонической структуры стратигра-

фического разреза позднего докембрия и нижнего палеозоя. В Малом Каратау насчитывается более 45 месторождений [4-6].

Методология исследований

Большую работу по развитию и совершенствованию методологии натурных геомеханических исследований выполнили ученые: С. А. Авершин, М. И. Агошков, И. Т. Айталиев, И. М. Бахурин, В. И. Борщ-Компаниец, Ж. С. Ержанов, Г. И. Кузнецов, М. А. Кузнецов, А. Ж. Машанов, Р. П. Окатов, М. Е. Певзнер, В. Н. Попов, В. Р. Рахимов, К. Н. Трубецкой, И. А. Турчанинов, Г. Л. Фисенко, Г. И. Черный, М. Б. Нурпеисова и др. [7-9]. Более детально рассмотрены работы, выполненные в последние годы для рудных месторождений ВНИМИ и его филиалами, а также существующие по этому вопросу нормативные документы [10, 11].

Г. И. Черный доказал наличие взаимосвязи между напряженным состоянием массива горных пород в зоне, прилегающей к карьере и подземным выработкам, и конфигурацией фронтов горных работ на обоих объектах [12]. В 1967-2019 годах профессор М. Б. Нурпеисова проводила маркшейдерские наблюдения бортов карьеров Каратауского рудоуправления. К моменту первой съемки карьер был уже отработан и под ним начались подземные работы, которые продолжаются до сих пор. Как указывает автор, сдвигание скально-трещиноватых массивов и земной поверхности при открыто-подземной разработке месторождений происходит в виде отделения от массива блоков пород в момент массовых взрывов и последующего их обрушения в сторону выработанного пространства с образованием провалов (воронок) на дне карьера [13, 14].

Как указывают исследования автора М. Б. Нурпеисовой, выполаживание бортов карьеров месторождений бассейна Каратау происходило в результате сдвига горных пород под влиянием подземных разработок, а также выветривания.

Анализ состояния методологии проведения маркшейдерско-геодезических наблюдений на территории разрабатываемого месторождения в первую очередь связан с отсутствием эффективных методов определения величин деформаций. Это диктует необходимость совершенствования методологии маркшейдерско-геодезических наблюдений за деформациями горных пород с использованием современных приборов. Маркшейдерско-геодезические наблюдения позволяют выявить массовые деформации, что важно для оценки геомеханической ситуации в районе полевых работ. Но они не дают полной картины деформационных процессов с течением времени. Это может быть выполнено только при использовании предложенной комплексной методики проведения гео-мониторинга состояния придонных массивов.

Геологоразведочными работами выявлено два основных продольных нарушения, по которым происходит сдвигание фосфоритного горизонта [15]. Нарушения параллельны между собой, расстояние между ними в горизонтальной плоскости — 50 м. Падение нарушений юго-западное — близко к поверхности, составляет 60-80°, с выполаживанием на глубину до 35-400 м. Причем по одному из разломов (Р-35) сдвигание происходит в северо-западной части месторождения между профилями 1-6, по-другому (Р-36) — в центральной части между разведочными профилями 3-11, что придает тектоническому строению этого участка кулисообразный характер. В профилях 3, 5 и 6 отмечается и утроевание фосфорит-

ного горизонта, так как в этих профилях вскрыты скважинами и канавами оба продольных нарушения (Р-35 и Р-36). Продольные разрывные нарушения взбросо-надвигового характера привели к образованию в тектонических блоках трех основных рудных тел: Южного, Северного первого и Северного второго. Суммарная протяженность рудных тел – 6 км, протяженность месторождения – 4,2 км.

Результаты исследований

Механические свойства горных пород и руды месторождений Каратауского бассейна изучались совместно с сотрудниками ГИГХСа. Результаты этих исследований сведены в *таблицах 1 и 2* [16].

Таблица 1 / Table 1

Прочностные свойства пород месторождения Чулактау Strength properties of rocks of the Chulakta deposit

Показатель	Кремний	Фосфориты	Доломиты	Глинисто-кремниевые сланцы
Твердость по Шору	96,7	81	54	84
Коэффициент крепости, f	10	10	8,7	6
Условный предел текучести, кг/см ²	40	12,5	15,0	-
Коэффициент пластичности	1,5	4,1	2,8	1,5
Коэффициент Пуассона	0,20	0,25	0,18	0,15
Коэффициент уплотнения, %	11,8	28,5	20,6	10,1

Таблица 2 / Table 2

Прочностные свойства пород месторождения Аксай Strength properties of rocks of the Aksai deposit

Показатель	Кремний	Фосфориты	Доломитизированные известняки	Глинисто-кремниевые сланцы
Твердость по Шору	98	74	56	83,8
Коэффициент крепости, f	7,8	7,5	9,8	7,5
Твердость по штампу, кг/см ²	425	395	258	-
Условный предел текучести, кг/см ²	30,0	-	-	-
Коэффициент пластичности	1,6	5,2	2,6	1,0
Коэффициент Пуассона	0,20	0,20	0,17	0,17
Коэффициент уплотнения, %	11,7	31,8	21,3	10,1

К важнейшим факторам, определяющим состояние устойчивости или сдвижения горных пород и земной поверхности при разработке полезных ископаемых, относятся физико-механические свойства вмещающих пород. Основными параметрами физико-механических свойств пород, необходимыми для решения вопросов устойчивости породных массивов, являются плотность, сопротивление сжатию и разрыву, сцепление и угол внутреннего трения. Практикой установлено, что такой важный параметр, как сцепление пород, может быть в несколько раз меньше в горном массиве, чем в монолитном куске, и, в свою очередь, по поверхностям ослаблений меньше, чем в массиве. Особенно это различие четко проявляется в скально-трещиноватых породных массивах [17].

Лабораторный способ определения свойств горных пород, а тем более натурные испытания в производственных условиях весьма трудоемки. Многолетними исследованиями установлено, что для приближенной оценки некоторых свойств горных пород можно воспользоваться величиной $\sigma_{сж.}$, которая в сравнении с другими параметрами определяется проще.

Анализ изучения физико-механических свойств пород исследуемых месторождений показывает, что прочностные свойства пород с глубиной горных работ заметно меняются. Получены графоаналитические зависимости структурных особенностей и прочностных свойств пород от глубины их залегания (*табл. 3*).

Плотность пород определена на 90 образцах, крепость – на 50, сопротивление пород на одноосное сжатие и разрыв – на 170, сцепление – на 30 и т. д. С целью определения общих закономерностей изменчивости прочностных свойств пород в массиве методом математической статистики и корреляционного анализа обобщены данные свойств пород по месторождениям бассейна Каратау (*рис. 1*).

Исследованиями установлено, что существует устойчивая связь между средней плотностью, крепостью, сцеплением, сопротивлением и глубиной их залегания, то есть γ , f , c , $\sigma_{сж.} = f(H)$ [18].

Заключение

Таким образом, при известных одних показателях использование графиков открывает пути прогнозирования свойств горных пород по месторождениям бассейна. Исходными данными для этого являются наименование пород, глубина их залегания и отдельные характеристики, как, например, плотность пород и другое, для определения которых не требуется трудоемких лабораторных исследований.

Таблица 3 / Table 3

Уравнения связей свойств доломитов месторождения Чулактау с глубиной их залегания Equations of relations of the properties of the dolomites of the Chulakta deposit with their depth

Свойство пород	Уравнение связей	Коэффициент корреляции	Предел действия, Н
Сцепление, к МПа	$K = 28,1 + 1,8 H - 0,05 H^2$	$r = 0,82$	$225 > H > 25$
Крепость, f	$f = 85,0 + 0,04 H - 0,01 H^2$	$r = 0,67$	$175 > H > 25$
Плотность, γ , г/см ³	$\gamma = 2,35 + 0,06 H - 0,002 H^2$	$r = 0,69$	$175 > H > 25$
Сопротивление на сжатие	$\sigma_{сж.} = 80,93 + 7,95 H - 0,18 H^2$	$r = 0,68$	$225 > H > 25$

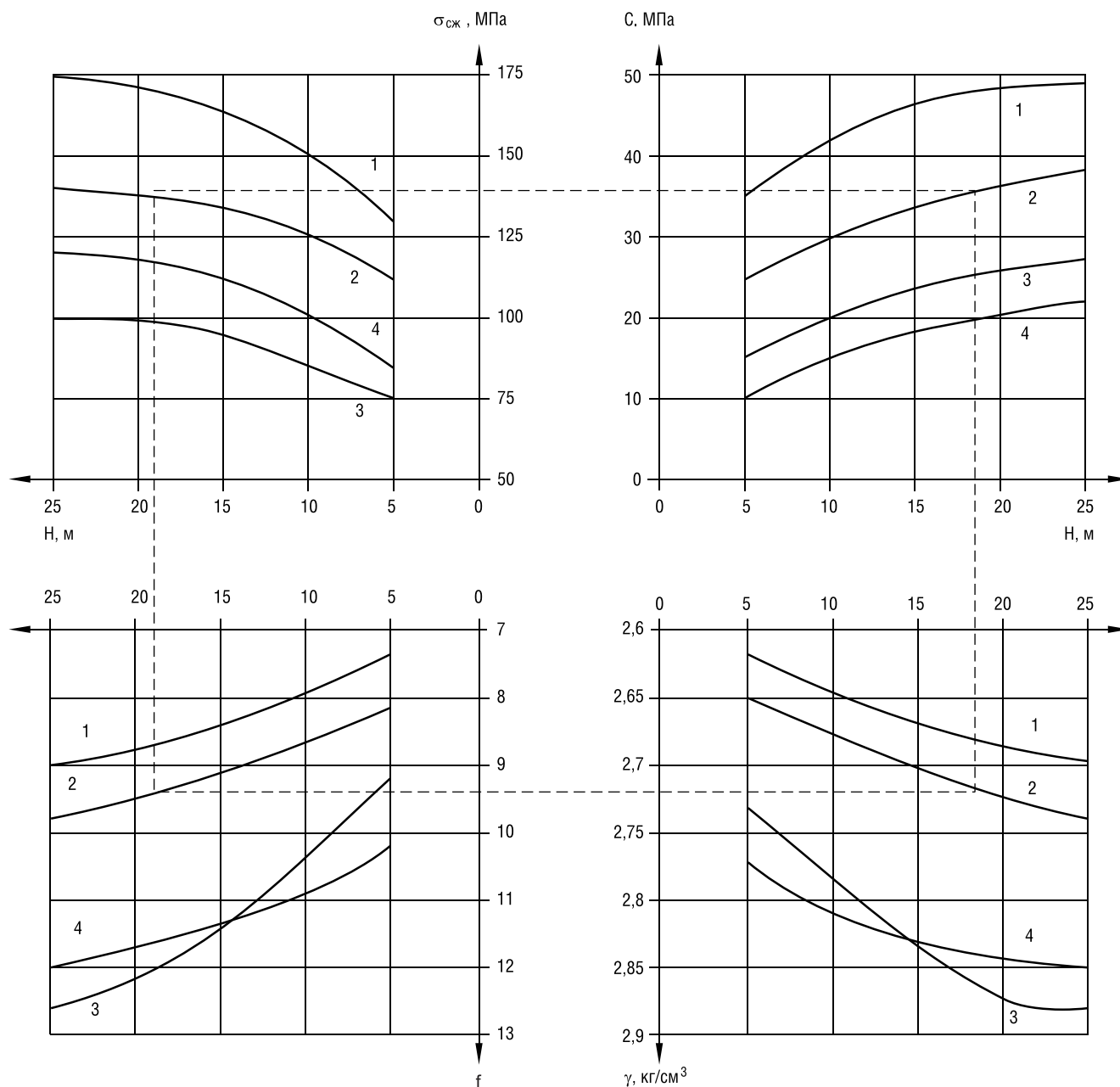


Рис. 1. Взаимосвязь между свойствами пород и глубиной их залегания: 1 - доломиты (Чулактау), 2 - кремний (Акса́й), 3 - доломитизированные известняки (Акса́й), 4 - диориты (Акбака́й)

Fig. 1. The relationship between the properties of rocks and their depth: 1 - dolomites (Chulaktaу), 2 - silicon (Aksai), 3 - dolomitized limestones (Aksai), 4 - diorites (Akbaikai)

Полученные характеристики могут быть использованы при решении ряда технических задач на карьерах и подземных рудниках в оценке устойчивости уступов и бортов карьеров,

в прогнозировании угловых параметров сдвижения расчетных целиков и предельных пролетов потолочины, для обобщения результатов инструментальных наблюдений. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Каплунов, Д. Р. Устойчивое развитие горнотехнических систем как переход от добычи полезных ископаемых к освоению георесурсов и сохранению недр / Д. Р. Каплунов, В. С. Федотенко // Горный журнал. - 2021. - № 8. - С. 4-7. - DOI 10.17580/gzh.2021.08.01.
2. Касымканова, Х. М. Изучение структурных особенностей массива горных пород / Х. М. Касымканова, Д. М. Киргизбаева, Н. А. Федотенко // Маркшейдерия и недропользование. - 2022. - № 1(117). - С. 8-11.
3. Express-assessment of geomechanic condition of the rock massive and development methods of its strengthening and reinforcing for safe ecological developing of the fields of mineral resources in hard mountain-geological and mining engineering conditions / Kh. Kassymkanova, G. Jangulova, R. Bekseitova [et al.] // News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2018. - Vol. 5. № 431. - Pp. 37-46. DOI: 10.32014/2018.2518-170X.33.

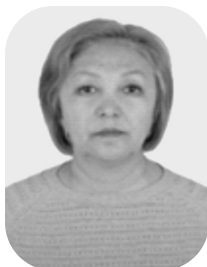
4. Табылдиев, К. Т. Каратауский фосфоритный бассейн / К. Т. Табылдиев, Ю. А. Киперман, А. И. Тимченко. - Алма-Ата, 1970. - 210 с.
5. Кривошеина, М. И. Свойства горных пород Каратауского фосфоритоносного бассейна / М. И. Кривошеина, М. Б. Нурпеисова // Свойства пород месторождений горно-химического сырья / под ред. М. Е. Певзнера. - М.: ГИГХС, 1971. - С. 87-104.
6. Нурпеисова, М. Б. Учет трещиноватости при исследовании деформации и сдвижения горных пород / М. Б. Нурпеисова, Ш. С. Бекбасаров // Горное дело: Сб. МВЦССО КазССР. - Алма-Ата, 1975. - № II. - С. 134-137.
7. Фисенко, Г. Л. Методы количественной оценки структурных ослаблений массива горных пород в связи с анализом их устойчивости / Г. Л. Фисенко // Современные проблемы механики горных пород: мат-лы IV Всесоюз. конф. по механике горных пород. - Л.: Наука, 1972. - С. 21-29.
8. Машанов, А. Ж. Устойчивость бортов карьеров бассейна Каратау / А. Ж. Машанов, М. Е. Певзнер, Ш. С. Бекбасаров. - Алма-Ата: Наука, 1981. - 120 с.
9. Прогнозирование трещиноватости породного массива по глубине на рудниках Средней Азии / В. Р. Рахимов [и др.]. - Ташкент, 1983. - 158 с.
10. Методические указания по постановке исследований сдвижения горных пород на моделях. - Л.: Изд. ВНИМИ, 1974. - 65 с.
11. Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на рудных месторождениях с неизученным процессом сдвижения горных пород. - Л.: ВНИМИ, 1988. - 48 с.
12. Черный, А. Д. Комплексная открыто-подземная разработка прибортовых и подкарьерных запасов рудных месторождений / А. Д. Черный, В. И. Терентьев. - М.: ИПКОН АН СССР, 1988. - 244 с.
13. Нурпеисова, М. Б. Геомеханика рудных месторождений Казахстана: монография / М. Б. Нурпеисова. - Алматы: КазНТУ, 2012. - 324 с.
14. Экологическая и промышленная безопасность освоения недр / под общей редакцией М. Б. Нурпеисовой. - Алматы: КазНУТУ, 2013. - 434 с.
15. Управление устойчивостью техногенных горных сооружений: монография / Под общей редакцией Ф. К. Низаметдинова. - Караганда: Изд-во Казахстано-Российского университета, 2014. - 656 с.
16. Безруков, П. Л. Геологическое строение фосфоритоносного бассейна Каратау и основные результаты геолого-поисковых работ / П. Л. Безруков // Фосфориты Каратау. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1954. - С. 3-66.
17. Использование индекса NDVI при мониторинге земель фосфоритовых месторождений / Э. А. Мурсалимова, А. А. Шаймерденова, Г. С. Мадимарова [и др.] // Вестник ВКТУ им. Д. Серикбаева. - 2023. - № 3. - С. 88-96.
18. Мадимарова, Г. С. Геодезические методы мониторинга техногенных систем месторождения Акбакай II / Г. С. Мадимарова, Ш. А. Жантуева, Ж. А. Танкаман // Актуальные проблемы современной науки: взгляд молодых ученых: Межд. науч.-практ. конф. / Донбасский государственный технический институт. - Алчевск, 2021. - С. 95-97.
19. Тилегенов, И. С. Системный анализ технологических процессов производств промышленной зоны «Каратау» и их влияние на экологическое состояние региона / И. С. Тилегенов, А. И. Агошков, Н. И. Тилегенов // Вестник МАНЭБ. - 2021. - Том 26, № 2.

REFERENCES

1. Kaplunov DR, Fedotenko VS. Sustainable development of mining engineering systems as a transition from mining to the development of georesources and conservation of mineral resources. *Mining Journal*. 2021;8:4-7. DOI 10.17580/gzh.2021.08.01 (In Russ.).
2. Kasymkanova HM, Kirgizbayeva DM, Fedotenko NA. The study of structural features of the rock mass. *Surveying and subsoil use*. 2022;1(117):8-11 (In Russ.).
3. Kassymkanova Kh., Jangulova G., Bekseitova R, et al. Express-assessment of geomechanic condition of the rock massive and development methods of its strengthening and reinforcing for safe ecological developing of the fields of mineral resorces in hard mountain-geological and mining engineering conditions. *News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*. 2018;5(431):37-46. DOI: 10.32014/2018.2518-170X.33.
4. Tabyldiev KT, Kiperman YuA, Timchenko AI. Karatau phosphorite basin. Alma-Ata, 1970 (In Russ.).
5. Krivosheina MI, Nurpeisova MB. Properties of rocks Karatau phosphorite-bearing basin. In the book. *Properties of rocks of deposits of mining and chemical raw materials*. Edited by M.E.Pevzner. Moscow, 1971 (In Russ.).
6. Nurpeisova MB, Bekbasarov ShS. Accounting for fracturing in the study of deformation and displacement of rocks. *Mining*. Alma-Ata, 1975 (In Russ.).
7. Fisenko GL. Methods of quantitative assessment of structural weakening of the rock mass in connection with the analysis of their stability. *Modern Problems of Rock mechanics. Materials of the IV All-Union Conference on Rock Mechanics*. Leningrad: Nauka, 1972 (In Russ.).
8. Mashanov AZh, Pevzner ME, Bekbasarov ShS. Stability of the sides of quarries of the Karatau basin. Alma-Ata: Nauka, 1981 (In Russ.).
9. Rakhimov VR, et al. Prediction of fracturing of rock mass by depth in the mines of Central Asia. Tashkent, 1983 (In Russ.).
10. Methodological guidelines for setting up studies of rock movement on models. Leningrad, 1974 (In Russ.).
11. Temporary rules for the protection of structures and natural objects from the harmful effects of underground mining in ore deposits with an unexplored process of rock movement. Leningrad, 1988 (In Russ.).
12. Cherny AD, Terentyev VI. Complex open-underground development of instrument and sub-barrier reserves of ore deposits. Moscow: IPKON ANSSOR, 1988 (In Russ.).
13. Nurpeisova MB. Geomechanics of ore deposits of Kazakhstan (monograph). Almaty: KazNTU, 2012 (In Russ.).
14. Ecological and industrial safety of subsoil development / Under the general editorship of M. B. Nurpeisova. Almaty: KazNITU, 2013 (In Russ.).
15. Sustainability management of man-made mining structures (monograph). Under the general editorship of F. K. Nizametdinov. Karaganda: Publishing House of the Kazakh-Russian University, 2014 (In Russ.).
16. Bezrukov PL. Geological structure of the phosphorite-bearing Karatau basin and the main results of geological prospecting works. *Phosphorites of Karatau*. Alma-Ata: Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, 1954 (In Russ.).

17. Mursalimova EA, Shaimerdenova AA, Madimarova GS, et al. The use of the NDVI index in monitoring the lands of phosphorite deposits. *Bulletin of D. Serikbayev EKTU*. 2023;3:88-96 (In Russ.).
18. Madimarova GS, Zhantueva ShA, Tankaman ZhA. Geodetic methods of monitoring technogenic systems of the Akbakai deposit II International Scientific and Practical Conference. *Actual problems of modern science: the view of young scientists*. Alchevsk, 2021 (In Russ.).
19. Tilegenov IS, Agoshkov AI, Tilegenov NI. System analysis of technological processes of production of the Karatau industrial zone and their impact on the ecological state of the region. *Vestnik MANEB*. 2021;26(2).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Мадимарова Гулмира Сурабалдиевна:
кандидат технических наук,
ассоциированный профессор,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
<https://orcid.org/0000-0002-9155-6332>,
e-mail: madimarovagulmira69@gmail.com



Нурланкызы Тогжан:
магистрант,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: togzhan.21@mail.ru



Сулейменова Диана Нурбакытовна:
старший преподаватель,
Казахский национальный университет
имени Аль-Фараби,
г. Алматы, Республика Казахстан,
<https://orcid.org/0000-0003-1880-0615>,
Scopus Author ID: 57221086862,
e-mail: suleymenovad81@gmail.com



Жантүева Шинаркуль Абековна:
старший преподаватель,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: shnar19610408@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Madimarova Gulmira:
candidate of technical sciences,
associate professor,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
<https://orcid.org/0000-0002-9155-6332>,
e-mail: madimarovagulmira69@gmail.com

Nurlankyzy Tokzhan:
master's student,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: togzhan.21@mail.ru

Suleimenova Diana:
senior lecturer,
Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
<https://orcid.org/0000-0003-1880-0615>,
Scopus Author ID: 57221086862,
e-mail: suleymenovad81@gmail.com

Zhantueva Shinarkyl:
senior lecturer,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: shnar19610408@gmail.com

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей / The authors declare the equal contribution of everyone to the work on the article.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.