

<https://doi.org/10.51301/ejsu.2022.i3.06>

Modern monitoring tools – effective way to ensure safety in subsoil use

K.B. Rysbekov¹, Dai Huayang², M.B. Nurpeisova^{1*}, V.H. Lozynskyi³, G.M. Kyrgyzbayeva¹, K. Kassymkanova¹, A.M. Abenov¹

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²China University of Mining and Technology, Beijing, China

³Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

*Corresponding author: marzhan-nurpeisova@rambler.ru

Abstract. Work aim is to carry out geomonitoring of rock mass state, which provides for comprehensive accounting and analysis of all natural and man-made factors, as well as use of methods and control tools developed by authors. Work uses complex method, including: study of mining and geological conditions, structural features of rocks of deposits and conduct of mine surveying observations in mines based on innovative methods and means of geomonitoring developed by the authors. Research materials of geomechanical processes at the mines of Akzhal, Saryoba Sayak and others are presented during projects implementation of «Development of innovative methods for predicting and assessment of rock mass state to prevent technogenic emergencies» and «Comprehensive monitoring of slow deformation processes of the earth's surface during large-scale development of ore deposits of Central Kazakhstan», and also used in the educational process of Satbayev University.

As a result of research: methodology for comprehensive assessment of rocks state has been developed, which makes it possible to consider features of geological structure of undermined strata and, thereby, improve quality of geomechanical support for mining operations; design of permanent forced centering point (FCP) for installation of high-precision instruments has been developed, which makes it possible to ensure speed and accuracy of centering, as well as to exclude use of tripods; scientifically substantiated possibility of predicting stress-strain state of rock mass in the studied deposits, i.e. it is possible to determine: tensile strength - σ_{co} ; clutch - K ; density - γ and strength of rocks - f according to the scale of M.M. Protodyakonov; composition of hardening solution from mining waste has been developed to increase stability of sections of ledges of quarry, which has high fluidity, adhesion to rocks and sufficient strength.

Keywords: ore deposits, rock fracturing, deformations, geomechanical monitoring, methods, tools, geodetic instruments, massif state assessment, cement mortar.

1. Введение

Одной из актуальных проблем при ведении крупномасштабных горных работ, особенно в массивах скальных пород, является техногенная сейсмичность, влекущая за собой не только катастрофические технико-экономические последствия (техногенные землетрясения, горные удары, оползни и др.), но и приводящая иногда к человеческим жертвам. Все это является прямым следствием изменения геодинамического режима геологической среды под влиянием крупномасштабных горных работ, что убедительно подтверждается результатами научных исследований, проводимых на рудных месторождениях Центрального Казахстана. Рудные месторождения Улытауской области являются мощными субъектами антропогенного воздействия на окружающую среду, представляющими большие возможности для исследования широкого спектра техногенных катастроф и снижения их риска.

Проблема техногенных катастроф остается актуальной в настоящее время во всех странах с развитой горнодобывающей промышленностью, что еще раз подтверждают материалы очередного 6-го Международного симпозиума по горным ударам и шахтной сейсмичности [1-3]. Управлению различными рисками повсеместно

уделяется большое внимание, о чем свидетельствует возросшее число публикации на эту тему [4-7].

Для месторождений твердых полезных ископаемых геомеханическое обеспечение безопасности горных работ, как правило, базируется на инженерных подходах, адаптированных к конкретным горно-геологическим условиям разработки. При подобном подходе не учитываются локальные особенности строения подработанных толщ, изменчивость физико-механических свойств пород и геомеханических характеристик геологической среды. А все это, безусловно, сказывается на достоверности геомеханических оценок реальных горнотехнических ситуаций. Возможности учета перечисленных физико-геологических факторов в геомеханических расчетах появляются за счет ведения и учета результатов геодезических наблюдений.

В последнее время при мониторинге техногенных процессов находят более широкое применение данные спутниковой радарной интерферометрии космического зондирования Земли. Основное преимущество данного метода состоит в возможности охвата значительных площадей. По инструкции наземные наблюдения проводятся два раз в год с интервалом 6 месяцев. За это время может развиваться обрушение, и его невозможно предска-

зять. Поэтому для решения целого ряда горнотехнических задач методы расчетов должны быть скорректированы для конкретных условий, и при этом следует учесть влияние природных и горнотехнических факторов, а также изменчивость значений прочностных свойств пород в пространстве и во времени и др. Несмотря на большое число исследовательских работ [6,7], вопрос прогнозирования и управления риском техногенных катастроф в виду сложности и большого разнообразия горно-геологических особенностей месторождения все еще полностью не решен.

Целью настоящей работы является осуществление геомониторинга состояния массива горных пород, предусматривающего комплексный учет и анализ всех природных и техногенных факторов, а также использование разработанных авторами методов и средств контроля.

2. Материалы и методы

Анализ состояния методики проведения маркшейдерских наблюдений и интерпретация полученных данных, прежде всего, связаны с отсутствием эффективных способов определения величин оседания земной поверхности (ОЗП), что обуславливает необходимость совершенствования методики маркшейдерско-геодезических наблюдений за деформациями горных пород с использованием современных электронных приборов для повышения достоверности, оперативности при определении параметров ОЗП для безопасного освоения недр и принятия мер охраны разрабатываемых объектов [8,9].

Кафедрой «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbayev University уделяется повышенное внимание промышленной безопасности на рудниках. Это обусловлено тем, что большинство негативных явлений, приводящих к различного рода инцидентам при ведении горных работ, связаны с вопросами управления горным давлением. При этом основная роль отводится внедрению в практику современных технологий и средств контроля и мониторинга массива горных пород. Свидетельством этому является проводимые нами исследования по проектам «Разработка инновационных методов прогнозирования и оценки состояния массива горных пород для предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера» и «Комплексный мониторинг медленных деформационных процессов земной поверхности при крупномасштабном освоении рудных месторождений Центрального Казахстана» [10].

В целом геодезические наблюдения с использованием приборов нового поколения дают возможность выявить деформации массива, что существенно повышает оценку геодинамической ситуации в районе разработки месторождения. Но они не позволяют получить полную картину деформационных процессов во времени. Это возможно осуществить только с использованием комплексной методики изучения природно-технической системы, основанной на проведении геомеханического мониторинга, которая является оригинальным продуктом группы исследователей КазНУ и представляет собой эффективный инструмент, позволяющий обеспечить максимальную безопасность ведения горных работ на основе комплексности используемого подхода, который в общем виде может быть представлен следующим образом:

- на основе анализа геологии и тектоники района, экспериментальных оценок напряженного состояния и инструментальных наблюдений в массиве выделяются «энергонасыщенные» зоны, которые определяют границы зоны геодинамического мониторинга;

- далее организуется мониторинг опасной зоны, который включает в себя в основном контроль деформации и уровня структурной нарушенности массива [11];

- по результатам космических радарных наблюдений устанавливается ряд локальных очагов оседаний земной поверхности над участками подземной добычи. В настоящее время на этих участках местности ведутся наземные наблюдения;

- в дальнейшем вся информация о закономерности процесса сдвижения системы и параметры её критического состояния поступает в экспертную систему, где на основе интегрирования баз данных и комплексного анализа делается оценка состояния ПТС и обосновываются соответствующие решения по охране недр и земной поверхности [12].

В практике мониторинга деформированного состояния земной поверхности при разработке месторождения и подработке сооружений используются различные типы рабочих нивелирных реперов и опорных пунктов. Многолетние инструментальные наблюдения показали трудоемкость полевых работ, особенно перенос с одного пункта в другой комплекта приборов (сам прибор, штатив, рейки и др.). В этой связи, для установки приборов и увеличения скорости измерительных операций, в первую очередь, нами разработан постоянный пункт принудительного центрирования (ППЦ), устанавливаемый в опорном пункте при ведении геомеханического мониторинга (рисунок 1). Устройство относится к геодезическим центрам для установки новых приборов и сигналов. Цель изобретения – повысить точность центрирования, оперативность измерения при отсутствии штативов в пунктах стояния и наблюдения. Новое устройство позволяет обеспечить быстроту и точность центрирования, а также исключает применение штативов [13]. Преимущества: простота и высокая точность установки геодезического оборудования и ориентирования (без штатива). Пункт виден издалека и хорошо заметен для мониторинга больших площадей.



Рисунок 1. Спутниковые измерения GPS-приемниками, установленными ППЦ

При производстве полевых работ применялось три GPS-приемника швейцарской фирмы Leica GS16 – 2 приемника и один приемник GPS1200. Измерения производились в 3 сеанса спутниковых наблюдений. Продолжительность каждого сеанса не менее 5 часов, при этом за начало отсчета сеанса наблюдений бралось время включения последнего GPS-приемника. После завершения полевых работ по спутниковым измерениям полу-

ченные сырые данные, в камеральных условиях конвертировали в универсальный обменный формат Rinex. Камеральная пост-обработка сырых данных выполнялась в программном обеспечении Giodis фирмы Javad GNSS.

На месторождениях геодезические наблюдения ведутся два раза в год (весной и осенью) и проводятся также дополнительные сейсмологические измерения.

По каждой профильной линии составлены ведомости вертикальных и горизонтальных смещений реперов (рисунок 2, а), а также графики оседаний реперов (рисунок 2, б). На рисунке 2 (б) приведен график оседаний реперов по профильной линии I месторождения Акжал за 2019-2021 гг. [14].

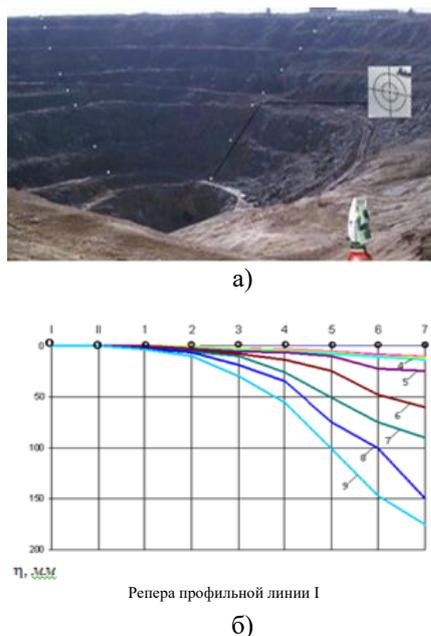
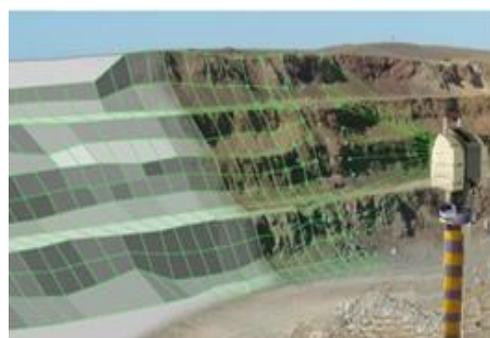


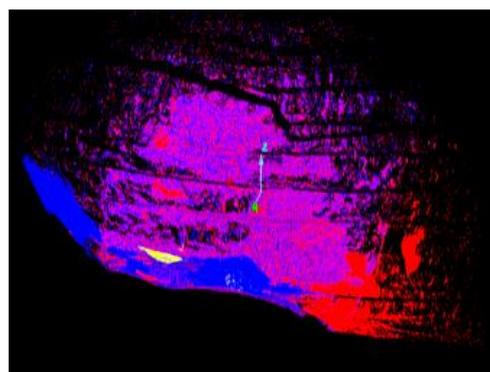
Рисунок 2: а) репера с марками на профильных линиях и б) график оседаний реперов по профильной линии I: наблюдения: 4-е осень 2019 г.; 5-е весна 2019 г.; 6-осень 2020 г.; 7-весна 2020 г.; 8-осень 2021 г. и 9 – осень 2021 г.

Значительным фактором в эффективном решении проблем современного карьера является изучение систем трещин и размеров структурных блоков. На сегодняшний день методы измерения трещиноватости горных пород сводятся, в основном, к непосредственным измерениям в обнажениях на поверхности, на откосах в карьерах, по стенкам шурфов и горных выработках, наблюдениям по кернам геологических скважин. На открытых разработках трещиноватость горных пород изучалась с помощью горного компаса, т.е. углы падения трещин и азимуты их простирания измерялись горным компасом.

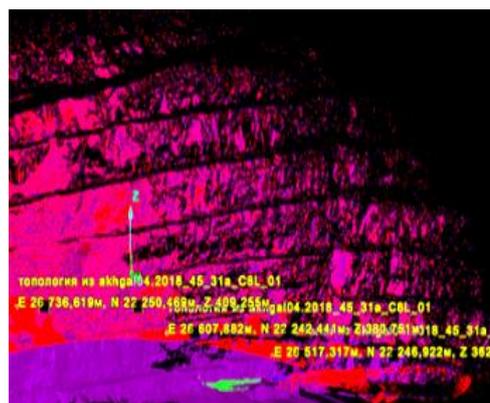
Использование результатов съемки лазерным сканером для получения элементов залегания трещин и размеров структурных блоков возможно при нахождении прибора от прибортового массива на расстоянии до 800 метров. При этом появляется уникальная возможность получения информации о положении прибортового массива без непосредственного контакта исполнителя [15,19]. При обработке результатов лазерного сканирования был использован программный комплекс «MarteKI-SiteStudio», где вычисляются значения элементов залегания трещин: азимута простирания, углов падения и размеров породных блоков (рисунок 3).



а)



б)



в)

Рисунок 3. Изучение трещиноватости горных пород: а) съемка структуры массива борта карьера лазерным сканером, установленного на ППЦ; б) цифровая модель борта; в-элементы залегания трещин на экране компьютера

3. Результаты исследований

Основной исходной информацией являются геологическая изученность месторождения, знание величин показателей физико-механических и прочностных свойств горных пород, а также элементов залегания структурно-тектонических особенностей горного массива и трещин горных пород, что позволяет определить напряженное состояние массива в процессе отработки. Отбор проб горных пород, в том числе и полезного ископаемого, производился с целью лабораторного определения показателей физико-механических свойств, существенно влияющих на процесс сдвижения. На практике, в основном, используется лабораторный способ исследований физико-механических свойств горных пород на

образцах, изготовленных из кернов геолого-разведочных скважин, а при наличии горных выработок (канавы, шурфы, стволы, квершлаги и т.д.) пробы отбирают из пород в виде монолитов. Для транспортировки проб в лабораторию их заворачивали в бумагу и помещали в мешочки.

Испытания физико-механических свойств горных пород проводились в лаборатории Satbayev University. Анализ результатов изучения ФМС пород позволил установить графо-аналитические зависимости прочностных свойств пород массива с глубиной их залегания и оперативно вносить изменения в погоризонтные расчеты устойчивости горных выработок (рисунок 4).

Кривые изменения свойств пород проведены по усредненным показателям по глубине через 50 м. Анализ данных также показывает, что прочностные свойства пород с глубиной их залегания заметно меняются.

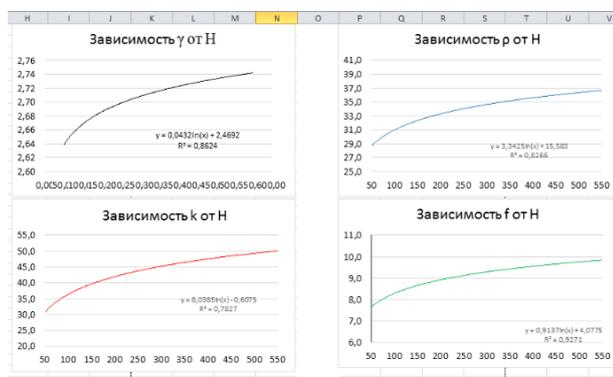


Рисунок 4. Зависимость прочностных свойств массивных известняков с глубиной их залегания

Такие же зависимости получены для месторождения Акжал; Сарыоба, Саяк и др. Для отыскания общих закономерностей изменчивости прочностных и структурных свойств пород, обобщены также данные ряда месторождений и установлены графоаналитические зависимости между средней плотностью, сцеплением, крепостью пород и глубиной их залегания (рисунок 5).

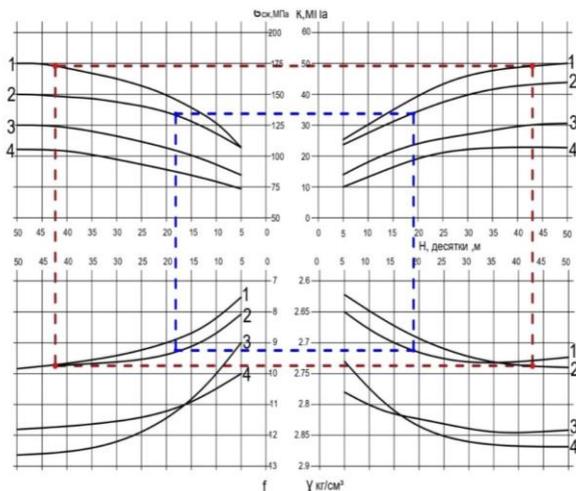


Рисунок 5. Взаимосвязи между свойствами пород и с глубиной их залегания: 1 – месторождение Сарыоба; 2- Акжалское месторождение; 3 -Саякское месторождение; 4 - Акбакайское месторождение

Оценка и надежность определения зависимостей произведены по формулам математической статистики:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \tag{1}$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100, \% \tag{2}$$

$$m_v = \frac{V \cdot \sqrt{0,5 + \left(\frac{V}{100}\right)}}{\sqrt{n}} \tag{3}$$

где σ - стандарт; x_i - значение признака; \bar{x} - среднее арифметическое значение признака; n - число наблюдений; V - коэффициента вариации; m_v - надежность вычисления коэффициента вариации.

Если соблюдается условие $3 m_v < V$, то результаты можно считать надежными и число исходных данных для определения статистических средних достаточно.

Полученные графоаналитические зависимости позволяют дать качественную и количественную оценку изменения свойств горных пород. Между показателями существует устойчивая связь. При известных одних показателях представляется возможным, используя графики, определить другие, тем самым открываются пути прогнозирования свойств горных пород по месторождениям. Исходными данными для этого являются наименования пород, глубина их залегания и отдельные характеристики, как например, плотность пород и другие, для определения которых не требуется трудоемких лабораторных исследований [16,19].

На основе проведенных исследований получены количественные и качественные характеристик свойств пород ряда месторождений, в том числе месторождения Восточная Сарыоба. Эти характеристики будут использованы при решении ряда технических задач на карьерах и подземных рудниках: при оценке устойчивости уступов и бортов карьеров: расчетных целиков и предельных потолочин, для обобщения результатов инструментальных наблюдений и уяснения физической стороны процесса сдвижения.

Таким образом, методы математической статистики и корреляционного анализа дали возможность обобщить данные физико-механических свойств пород месторождения Восточная Сарыоба, Акжал, Саяк и др.

Прочность и устойчивость междукамерных опорных целиков, а также устойчивость прибортовых массивов определяются степенью их трещиноватости. Технология упрочнения трещиноватого массива должна обеспечить полное заполнение трещин в массиве различной композицией и надежно скрепить отдельные структурные блоки в единое целое [17]. Так, разработаны эффективные способы управления устойчивостью откосов, связанные с упрочнением массива горных пород и пылящих поверхностей. Создан раствор для укрепления трещиноватых горных пород, обладающий низкой стоимостью, достаточной текучестью для заполнения мелких трещин и адгезией к горным породам, высокой прочностью.

Раствор содержит цемент, наполнитель и воду. В качестве наполнителя использованы хвосты обогащенных фабрик горно-металлургических комплексов. Па-

раллельно был исследован и получен новый состав для укрепления арматуры опорных пунктов наблюдательной станции в скважинах, позволяющий также использовать отходы горного производства и повысить прочность и морозостойкость полученного материала.

Техническая новизна созданных растворов подтверждены патентами РК на изобретение [18].

4. Выводы

1. Разработана методика комплексной оценки состояния горных пород, позволяющая учесть особенности геологического строения подработанных толщ и, тем самым, повысить качество геомеханического обеспечения горных работ. В свою очередь, результаты геомеханических прогнозов дают возможность определить наиболее опасные участки, где требуется проведение режимных геофизических и геодезическо-маркшейдерских наблюдений с целью локализации зон техногенной нарушенности.

2. Разработана конструкция постоянного пункта принудительного центрирования (ППЦ) для установки высокоточных приборов, позволяющий повысить производительность и точность наблюдений.

3. Получены графоаналитические зависимости между физико-механических свойств (ФМС) пород горных пород и глубиной их залегания. Научно обоснована возможность прогнозирования напряженно-деформационного состояния массива горных пород на исследуемых месторождениях, т.е. можно определить: предел прочности - $\sigma_{сж}$; сцепление - K ; плотность - γ и крепость пород - f по шкале М.М. Протодьяконова.

4. С целью обеспечения промышленной безопасности, разработан состав для упрочнения трещиноватых горных массивов на карьере, а также нарушенных междукамерных целиков и потолочин в подземных выработках. В результате его применения будут утилизированы отходы горного производства (хвосты обогатительных фабрик), используемые для приготовления упрочняющей смеси.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК (Грант №AP08857097).

Литература / References

[1] Potvin, Y., Hudyma, M. (2005). Rockburst and seismicity in mines proceedings (6th edition). *Australia: Australian Centre for Geomechanics*

[2] John, V. Simmons. (2012). Geotechnical risk management in open pit coal mines. *Australian Center for Geomechanics Newsletter*, (22), 1-4

[3] Melnikov; N.N. (2010). Environmental problems in the XXI century and the development of subsoil. In the book "Development of the subsoil and environmental problems of the XXI century". *M.: IPKON RAN*, 26-45

[4] Trubetskoy, K.N. (2020). State and main directions of integrated development and conservation of resources of the earth's interior. Problems and prospects for integrated development and conservation of the earth's interior. *M.: IPKON RAS*, 5-11

[5] Mikhailova, N.N., Uzbekov, A.N. (2018). Tectonic and technogenic earthquakes in Central Kazakhstan. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Engineering Sciences*, (3), 137-145

[6] Kozyrev, A.A., Panin, V.I. & Semenova, I.E. (2018). On the geodynamic safety of mining operations in shock-hazardous conditions on the example of the Khibiny apatite deposits. *FTPRPI*, (5), 33-44

[7] Mansurov, V.A., Satov, M.Zh. & Kantemirov, Yu.I. (2012). Space radar monitoring of displacements of the earth's surface and structures at the Zhezkazgan copper deposit (Republic of Kazakhstan). *Geomatics*, (1), 77-84

[8] Oparin, V.N. et al. (2016). Methods and systems of seismo-deformation monitoring of technogenic earthquakes and rock bursts (V.2). *Novosibirsk: Publishing house SO RAN*

[9] Nurpeisova, M.B., Bitimbayev, M.Zh., Rysbekov, K.B. & Bekbasarov, Sh. Sh. (2021). Forecast changes in the geodynamic regime of geological environment during large-scale subsoil development. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (6), 5-10.

[10] Nurpeisova, M.B., Kyrgyzbaeva, G.M. & Bek, A.A. (2017). Geomechanical monitoring of technogenic systems (Monograph). *Lambert Academic Publishing*

[11] Kuldeev, E.I., Rysbekov, K.B., Donenbayeva, N.S. & Mietenko, N.A. (2021). Modern methods of geotechnic – effective way of providing industrial safety in mine. *Eurasian mining*, (2), 61–66. <https://doi.org/10.17580/em.2021.02.18>

[12] Aitkazinova, S., Soltabaeva, S., Kyrgyzbaeva, G., Rysbekov, K. & Nurpeisova, M. (2016). Methodology of assessment and prediction of critical condition of natural-technical systems. *Surveying Geology and Mining Ecology Management*, (2), 3-10. <https://doi.org/10.5593/sgem2016/b22/s09.001>

[13] Nurpeisova, M., Rysbekov, K., Aitkazinova, Sh, Donenbayeva, N., Nukarbekova, Zh. & Derbisov K. (2021). Ground permanent geodetic point of forced centering of devices. *Patent of the Republic of Kazakhstan § 2021/0160*

[14] Nurpeisova, M.B., Kyrgyzbaeva, G.M. & Bek, A.A. (2017). Geomechanical monitoring of technogenic systems (Monograph). *Lambert Academic Publishing*

[15] Nurpeisova, M., Kirgizbaeva, D. & Kopzhasaruly, K. (2016). Innovative ways to capture of solid violations and processing of result. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (2), 5-18

[16] Kyrgyzbaeva, G.M., Nurpeisova, M.B. (2021). Method for predicting physical-mechanical properties of massif rocks. *Certificate of entry into state register of rights to objects protected by copyright §19300*

[17] Rysbekov, K.B., Nurpeisova, M.B. & Bek, A.A. (2021). Use of enrichment waste for obtaining building materials. 4th International Scientific and Technical Internet Conference "Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources". *Petroșani, Romania: Universitas Publishing*

[18] Nurpeisova, M.B., Kyrgyzbaeva, G.M. & Bek, A.A. Composition for strengthening fractured rocks. *Utility Model Patent of the Republic of Kazakhstan §1573*

[19] Bazaluk, O., Rysbekov, K., Nurpeisova, M., Lozynskyi, V., Kyrgyzbayeva, G. & Turumbetov, T. (2022). Integrated monitoring for the rock mass state during large-scale subsoil development. *Frontiers in Environmental Science*, (10), 852591. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.852591>

Мониторингтің заманауи құралдары - жер қойнауын пайдалануда қауіпсіздікті қамтамасыз етудің тиімді бағыты

К.Б. Рысбеков¹, Dai Huayang², М.Б. Нурпеисова^{1*}, В.Г. Лозинский³, Г.М. Кыргызбаева¹, Х-К.М. Касымханова¹, А.М.Абенов¹

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Қытай тау-кен технологиялық университеті, Бейжің, Қытай

³Днепропетровск ұлттық университеті, Днепр, Украина

*Корреспонденция үшін автор: marzhan-nurpeisova@rambler.ru

Аңдатпа. Жұмыстың мақсаты барлық табиғи және техногендік факторларды кешенді есепке алу мен талдауды, сондай-ақ авторлар әзірлеген бақылау әдістері мен құралдарын пайдалануды көздейтін тау жыныстары массиві жай-күйінің геомониторингін жүзеге асыру болып табылады. Жұмыста кен орындарының тау-кен геологиялық жағдайлары мен тау жыныстарының құрылымдық ерекшеліктерін зерттеуді және авторлар әзірлеген инновациялық тәсілдер мен геомониторинг құралдарының негізінде кеніштерде маркшейдерлік бақылаулар жүргізуді қамтитын кешенді әдіс қолданылды.

«Техногендік сипаттағы төтенше жағдайлардың алдын алу үшін тау жыныстары массивінің жай-күйін болжаудың және бағалаудың инновациялық әдістерін әзірлеу» және «Орталық Қазақстан кен орындарын кең ауқымды игеру кезінде жер бетінің баяу деформациялық процестерінің кешенді мониторингтеу» жобаларын орындау кезінде Ақжал, Сарыоба Саяқ және т. б. кеніштеріндегі геомеханикалық процестерді зерттеу материалдары ұсынылған. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде: игеріліп жатқан кен орындарының кен-геологиялық, құрылымдық ерекшеліктерін ескеруге және сол арқылы тау-кен жұмыстарын геомеханикалық қамтамасыз етудің сапасын арттыруға мүмкіндік беретін тау жыныстарының жағдайын кешенді бағалау әдістемесі әзірленді; центрлеудің жылдамдығы мен өлшеу дәлдігін қамтамасыз етуге, сондай-ақ штативсіз жұмыс атқаруға мүмкіндік беретін, дәлдігі жоғары аспаптарды орнату үшін мәжбүрлеп центрлеудің тұрақты пунктіннің (МЦП) конструкциясы әзірленді; зерттелетін кен орындарындағы тау жыныстары массивінің кернеулі-деформациялық күйін болжау, яғни: тау жыныстарының беріктік шегі $\sigma_{сжс}$; ілінісу - K ; тығыздығы - γ және М.М. Протодьяконов шкаласы беріктігі - f болжау мүмкіндігі ғылыми негізделді; карьер кемерлерінің орнықтылығын арттаруды қамтамыз ететін, тау-кен өндірісінің қалықтарынан жасалған аққыштығы жоғары, тау жыныстарына адгезиялық қарсылығы және жеткілікті беріктігі бар ерітіндінің құрамы әзірленді.

Негізгі сөздер: кен орындары, жыныстардың жарықшақтылығы, деформациялар, геомеханикалық мониторинг, әдістер, құралдар, геодезиялық аспаптар, массивтің жай-күйін бағалау, цемент ерітіндісі.

Современные средства мониторинга - эффективное направление обеспечения безопасности в недропользовании

К.Б. Рысбеков¹, Dai Huayang², М.Б. Нурпеисова^{1*}, В.Г. Лозинский³, Г.М. Кыргызбаева¹, Х-К.М. Касымханова¹, А.М.Абенов¹

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Китайский горно-технологический университет, Пекин, Китай

³Национальный технический университет, Днепр, Украина

*Автор для корреспонденции: marzhan-nurpeisova@rambler.ru

Аннотация. Целью работы является осуществление геомониторинга состояния массива горных пород, предусматривающего комплексный учет и анализ всех природных и техногенных факторов, а также использования разработанных авторами методов и средств контроля. В работе использован комплексный метод, включающий: изучение горно-геологических условий, структурных особенностей горных пород месторождений и проведение маркшейдерских наблюдений на рудниках на основе разработанных авторами инновационных способов и средств геомониторинга. Представлены материалы исследований геомеханических процессов на рудниках Ақжал, Сарыоба Саяқ и др. при выполнении проектов «Разработка инновационных методов прогнозирования и оценки состояния массива горных пород для предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера» и «Комплексный мониторинг медленных деформационных процессов земной поверхности при крупномасштабном освоении рудных месторождений Центрального Казахстана», а также использованы в учебном процессе Satbayev University.

В результате проведенных исследований: разработана методика комплексной оценки состояния горных пород, позволяющая учесть особенности геологического строения подработанных толщ и, тем самым, повысить качество геомеханического обеспечения горных работ; разработана конструкция постоянного пункта принудительного центри-

рования (ППЦ) для установки высокоточных приборов, позволяющий позволяющий обеспечить быстроту и точность центрирования, а также исключить применения штативов; научно обоснована возможность прогнозирования напряженно-деформационного состояния массива горных пород на исследуемых месторождениях, т.е. можно определить: предел прочности - $\sigma_{сж}$; сцепление - K ; плотность - γ и крепость пород - f по шкале М.М. Протоdjяконова; разработан состав укрепляющего раствора из отходов горного производства для повышения устойчивости участков уступов карьера, обладающего высокой текучестью, адгезией к горным породам и достаточной прочностью.

Ключевые слова: *рудные месторождения, трещиноватость пород, деформации, геомеханический мониторинг, методы, средства, геодезические приборы, оценка состояния массива, цементный раствор.*