

Инновационные методы мониторинга деформационных процессов при освоении Жиландинских групп месторождений

¹**НУРПЕИСОВА Маржан Байсановна**, д.т.н., профессор, marzhan-nurpeisova@rambler.ru,

¹**РЫСБЕКОВ Канай Бахытович**, к.т.н., профессор, k.rysbekov@satbayev.university,

¹***КАСЫМКАНОВА Хайни-Камаль Михайловна**, д.т.н., профессор, khaini_kamal@mail.ru,

¹**КЫРГЫЗБАЕВА Гульдана Мейрамбековна**, к.т.н., ассоциированный профессор, g.kyrgyzbayeva@satbayev.university,

²**РАХИМОВ Гельман**, к.т.н., старший преподаватель, gelman.rakhimov@mail.ru,

¹НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», ул. Сатпаева, 22, Алматы, Казахстан,

²НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Приведены результаты многолетних исследований сотрудников Казахского национального исследовательского технического университета (КазНТИУ) по изучению геомеханических и геодинамических процессов. Показано, что проблема управления геомеханическими процессами может быть решена на основе комплексной системы геомониторинга состояния массива горных пород, предусматривающей комплексный учет и анализ всех природных и техногенных факторов, а также использования разработанных авторами средств контроля. В результате проведенных исследований созданы и внедрены в производство: геодинамический полигон (ГДП) на территории Жиландинских групп месторождений; конструкции постоянных (наземных и подземных) пунктов принудительного центрирования, позволяющие повысить производительность и точность наблюдений; способ прогнозирования физико-механических свойств (ФМС) пород массива; сейсмоакустический способ прогнозирования НДС массива; состав укрепляющего раствора из отходов горного производства для повышения устойчивости бортов карьера и нарушенных участков подземных выработок. Созданный ГДП является надежной основой для организации долговременного мониторинга деформационных процессов при крупномасштабном освоении Жиландинских групп месторождений, позволяющих повысить производительность и точность наблюдений. Полученные результаты могут быть использованы для повышения уровня производственной безопасности на рудниках и минимизации экологических рисков, вызванных освоением недр.

Ключевые слова: месторождения, горные породы, свойства, трещиноватость, деформации, напряженное состояние, мониторинг, инновационные методы, современные приборы, оценка, цементный раствор.

Введение

Разработка рудных месторождений в последние годы характеризуется возрастающим количеством месторождений, которые характеризуются сложным залеганием горных пород и им свойственна значительная глубина отработки. При этом доля скважин, не встретивших на своем пути рудное тело, объясняется их сложностью залегания в недрах. Об этом в свое время писал К.И. Сатпаев в работе «Джезказганский меднорудный район и его минеральные ресурсы» (1932) и

при создании «Металлогенической прогнозной карты Казахстана» (1950): «...запасы меди, учтенные на сегодня, еще далеко не исчерпывают всех возможностей Джезказганского рудоносного района. Я здесь не учитываю месторождения Жиландинской группы, запасы руд в них заложены очень глубоко и для их освоения нужны огромные финансы и новые технологии. Я их оставляю для будущих поколений» [1]. Да, пророчества выдающего ученого сегодня перед нами. В настоящее время на Жезказганском

месторождении идет отработка запасов, которые были разведаны ранее, однако за длительный период ведения горных работ в дальнейшем возможно, что потребуются изыскать способы и методы для освоения новых горизонтов, что в свою очередь приведет к увеличению срока службы горнодобывающего предприятия на несколько десятилетий. В настоящее время осваивается Жиландинская группа (Восточная, Западная Сарыоба, Кипшакпай, Краршошак и Итауыз) месторождений, и благодаря этому возрастает сырьевая база региона [2].

Данные космической радарной интерферометрии, которые получены со спутников, находят широкое применение при проведении геомеханического мониторинга техногенных объектов. Основным преимуществом космической радарной интерферометрии является то, что данный метод позволяет охватить широкую территорию. Однако несмотря на многочисленные результаты исследований, проблема, связанная с прогнозированием и контролем различных катастроф техногенного происхождения до конца не решена. Проведение геомеханического мониторинга состояния горного массива предполагает учет и анализ различных антропогенных факторов с применением методов контроля, предложенных авторами. ППС кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbayev University особое внимание уделяет таким вопросам, как обеспечение безопасности на рудниках и карьерах.

Особое внимание уделяется практическому внедрению на горнодобывающих предприятиях инновационных технологий, средств контроля и мониторинга массива горных пород. Свидетельством этому являются действующие научно-исследовательские проекты в ТОО «Корпорация Казахстан» [3].

Методы исследования. Геодезические наблюдения, основанные на применении современного оборудования, позволяют своевременно выявить сдвигание земной поверхности и горных пород, что обеспечивает существенное повышение достоверности оценки геомеханического состояния в зоне интенсивного ведения горных работ. Однако получить достоверную информацию о процессе не является возможным. Для решения данного вопроса рекомендуется внедрение комплексного подхода для осуществления мониторинга земной поверхности и горных пород при отработке месторождения полезных ископаемых (рисунок 1).

На основе данной методики поставлена цель, обоснована идея и сформулирована структура комплексного мониторинга, проводимого на территории Жиландинской

группы месторождений [4]. Информация об изучении инженерно-геологических и горнотехнических условий разработки, структурно-тектонических особенностей и физико-механических свойств пород месторождения представлены в первом и во втором блоках схемы комплексной методики ведения геомониторинга [5].

На обнажениях горных пород были изучены их физико-механические свойства и особенности структурного сложения. Основной целью отборки кернов горных пород является возможность проведения лабораторных испытаний. На основании полученных результатов установлены зависимости свойств горных пород от глубины их залегания, которые могут быть использованы при производстве расчетов (рисунок 2).

При построении зависимости прочностных свойств пород в зависимости от глубины отработки были приняты средние значения величин. Для установления надежности и анализа оценки были применены методы математической статистики. Анализ данных также показывает, что с увеличением глубины прочность пород несколько повышается. Наименьшей прочностью обладают породы в верхней части карьера, что связано с развитием выветривания. Трещиноватость развития в основном вблизи тектонических разломов [6].

Такие же зависимости получены также для ряда месторождений Казахстана, а именно для месторождений Акжал; Акбакпай, 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. Кривые изменения свойств пород проведены по усредненным групповым показателям по интервалам глубины через 50 м. Для сравнения результатов, полученных на исследуемом объекте с данными других рудников составлен совмещенный график взаимосвязи свойств пород (рисунок 3).

Для контроля напряженно-деформированного состояния (НДС) горных пород были разработаны различные методики, основными из которых являются метод разгрузки и испытания кернов в лабораторных условиях.

Для изучения НДС пород на месторождении Восточная Сарыоба нами разработан «Сейсмоакустический метод прогнозирования НДС массива горных пород [7]. Сейсмоакустический метод включает в себя установку датчика сейсмоакустических сигналов, излучаемых естественными источниками в

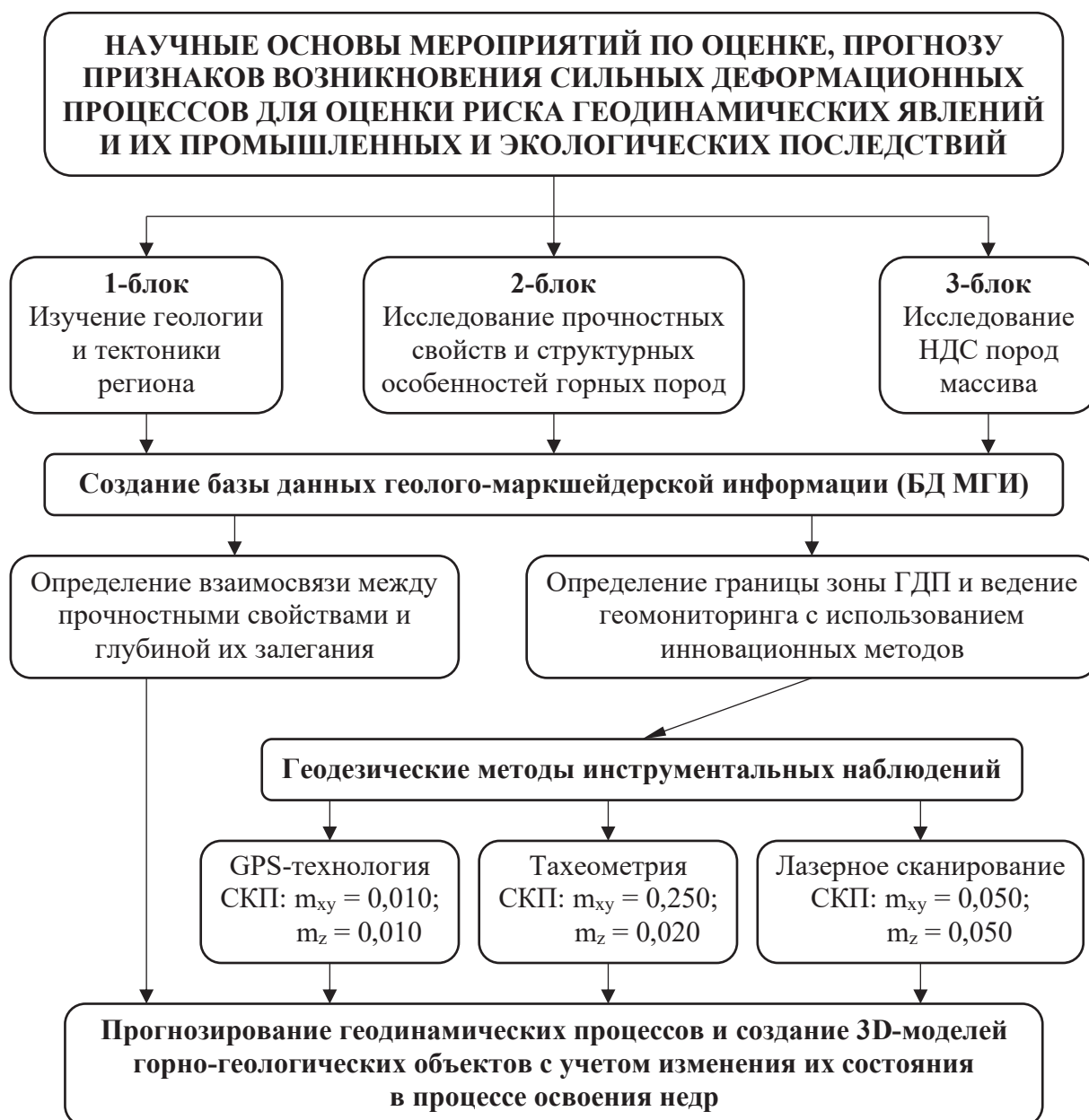


Рисунок 1 – Схема комплексной методики ведения геомониторинга

массиве горных пород, после чего определяются параметры этих сигналов. Регистрация сейсмоакустических сигналов производится датчиком в скважинах, которые пробуриваются около горных выработок на различных горизонтах.

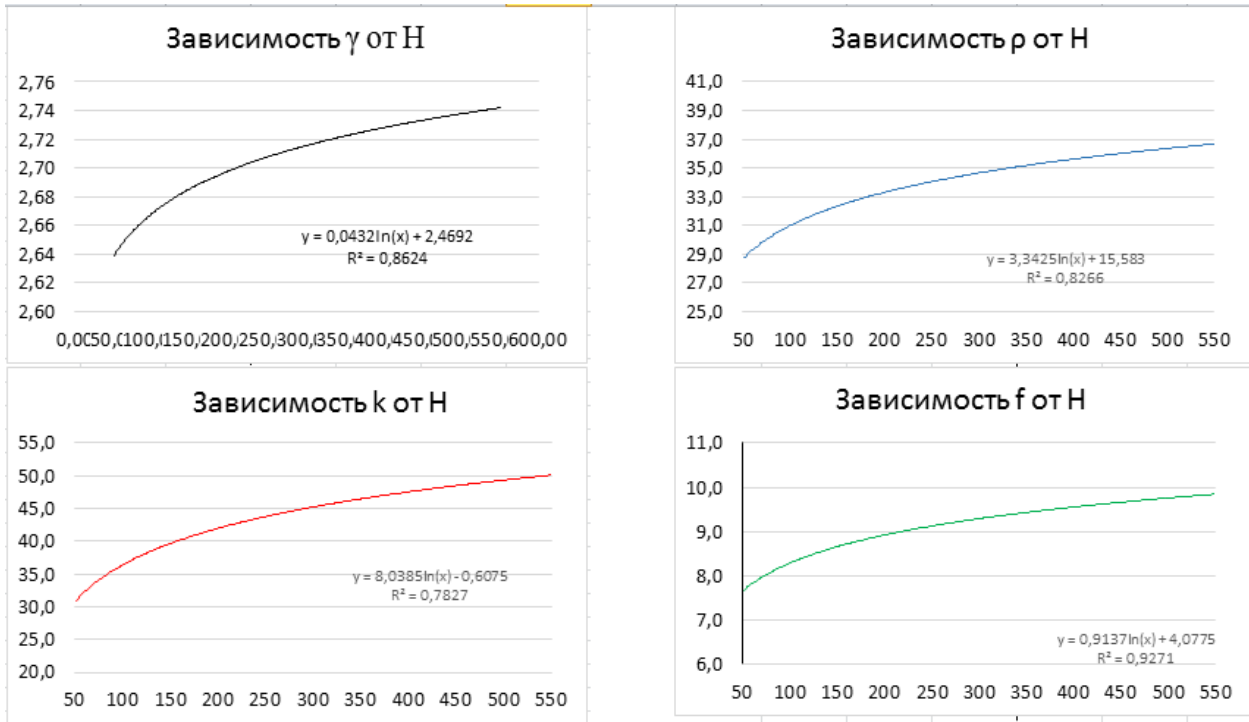
Для этого специальным диском, укрепленным на штанге, торец скважины шлифуется, и на торец плотно прижимается тензومتر 1 (рисунок 4). Кабель от тензометра пропускают в пустотелую буровую штангу и с помощью коронки кольцевую щель 2. В результате происходит упругое расширение керна 3, которое фиксируется измерительным тензометром в трех направлениях.

На руднике «Восточная Сарыоба» за-

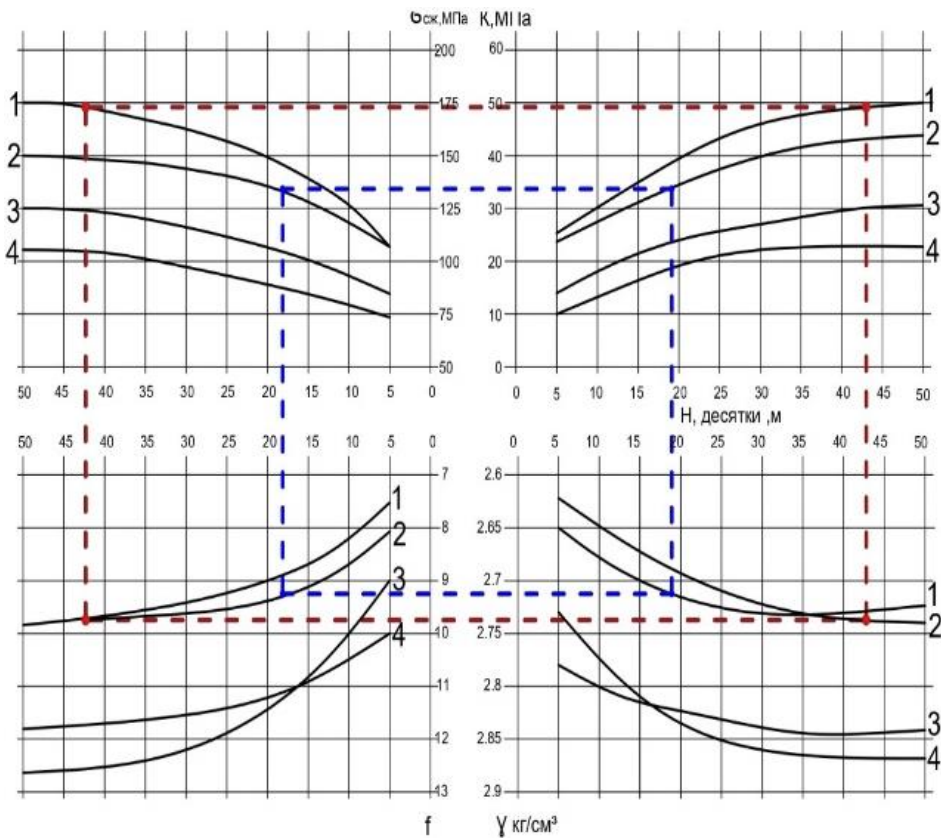
действованы пять горизонтов, на которых определены напряжение горных пород по фактическим значениям, все измерения произведены в трех направлениях. В общей сложности было выполнено более 20 замеров.

Графики зависимости дают наглядное представление о том, что значение напряжений в горизонтальной плоскости изменяется согласно установленной закономерности.

Обзор литературных источников позволил обобщить данные по горным породам в границах структуризации складки массива. По результатам проведенного анализа величин НДС толщи горных пород была определена их зависимость от тектоники



а – изменения плотности, γ ; **б** – изменения угла внутреннего трения, ρ ; **в** – изменения сцепления, K ; **г** – изменения крепости пород, K
Рисунок 2 – Зависимость прочностных свойств пород с глубиной их залегания (H)



1 – месторождение Восточная Сарьюба; **2** – Акжалское месторождение; **3** – Саякское месторождение; **4** – Акбакайское месторождение
Рисунок 3 – Графики зависимости свойств горных пород от глубины их залегания

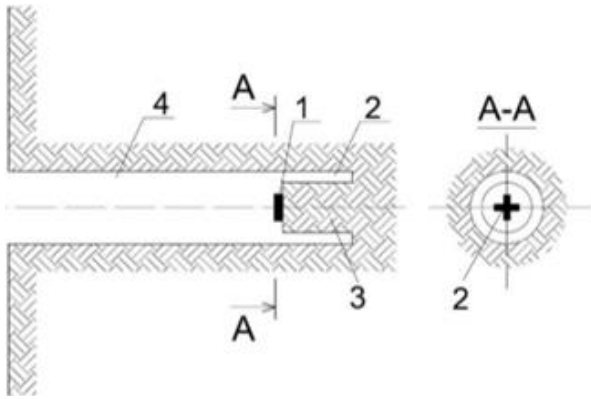


Рисунок 4 – Схема измерения напряжений

месторождения. Численные значения, полученные по нескольким рудникам, представлены на рисунке 5.

Изменение суммы погоризонтных напряжений в зависимости от глубины представлена в виде линейной функции.

Научные результаты. Повышение оперативности проведения геодезических наблюдений на всей территории месторождения полезных ископаемых и снижение капитальных вложений могут быть достигнуты за счет комплексного подхода с применением как наземных, так и космических методов. Для обеспечения более детального исследования геодинамики массива горных

пород при отработке месторождения, которому присущи значительные размеры в плане и глубина, рекомендуется создание специальных полигонов в составе нивелирных ходов и опорных пунктов (рисунок 6,а). При выборе места закладки особенностей узловых точек необходимо придерживаться особенностей залегания рудных тел по отношению к сети ГГС [8].

Традиционные инструментальные измерения представляют собой довольно трудоемкий процесс из-за значительного времени на проведение полевых работ и повышения оперативности измерительного процесса были разработаны специальные пункты для принудительного центрирования геодезических приборов, которые в зависимости от места закладки могут быть подземными и наземными (рисунок 6,б).

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 [9, 10].

На основании выполненных GPS измерений в распоряжение маркшейдерской и геомеханической служб месторождения были предоставлены опорные геодезические пункты, местоположение которых определено с довольно высокой точностью. Для определения деформаций бортов карьеров были произведены наблюдения по профильным

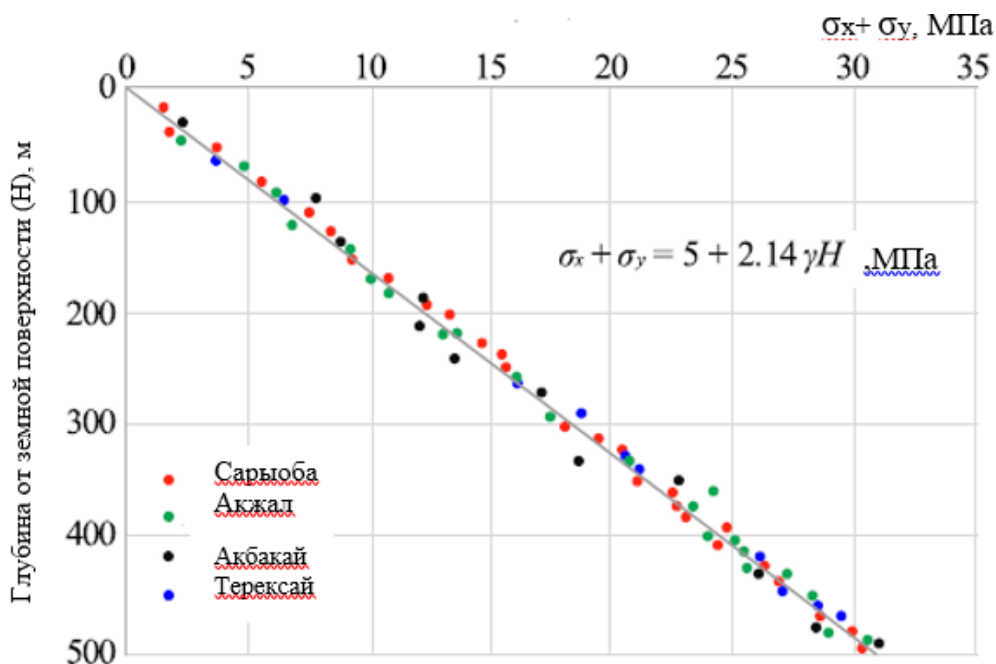


Рисунок 5 – Изменение суммы горизонтальных напряжений (σ_x+σ_y) с глубиной

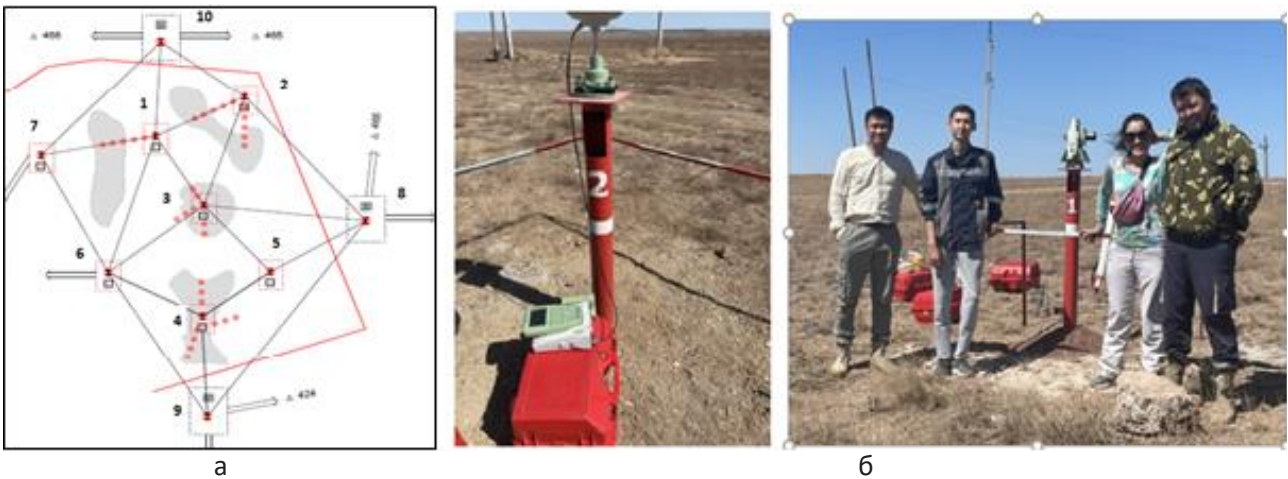


Рисунок 6 – Схема ГДП (а) и GPS-наблюдения на постоянных пунктах принудительного центрирования (б)

линиям с помощью современного геодезического оборудования.

Прочность и устойчивость подземных выработок и опорных целиков характеризуются трещиноватостью массива. Для укрепления прочности массива необходимо произвести заполнение систем трещин специальным раствором, который позволит объединить разрозненные структурные блоки в единый массив. Созданный для этих целей раствор обладает низкой себестоимостью и представляет собой довольно текучую смесь, для приготовления которой в качестве основного компонента использованы отходы обоганительной фабрики. Техническая новизна созданных растворов подтверждена патентами РК на изобретение [11, 12].

Заключение. Обоснована возможность прогнозирования ФМС и НДС массива горных пород. Сравнение полученных резуль-

татов с результатами работ других исследователей позволило установить достаточно высокую надежность уравнений регрессии (коэффициент корреляции $r=0,92$). Продемонстрирован новый метод построения систем производства геодезических измерений в рамках ГДП, который позволяет охватить не только мониторинговый контроль, но и значительно увеличить эффективность наблюдений и уменьшить стоимость работ. Для установки высокоточных электронных приборов при геомониторинге разработаны конструкции наземных и подземных постоянных пунктов принудительного центрирования, исключающие применение штативов и обеспечивающие высокую точность приборов. Созданный раствор используют для обеспечения прочности массива горных пород, что с экономической точки зрения доступно и надежно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сатпаев К. И. Основные результаты комплексного геологического изучения и вопросы генезиса Джебказгана // Геология рудных месторождений. 1962. № 3. С. 36-41.
2. Рыльникова М. В., Юн А. Б., Терентьева И. В. Восполнение выбывающих мощностей рудников на стадии доработки балансовых запасов месторождения – условие экологически сбалансированного развития Жезказганского региона // Маркшейдерский вестник. – 2016. № 5. С. 6-10.
3. Отчет по Проекту «Разработка инновационных методов прогнозирования и оценки состояния массива для предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера поверхности при крупномасштабном освоении рудных месторождений Центрального Казахстана». 2019-2021. 45 с.

4. Нурпеисова М.Б., Рысбеков К.Б. Инновационные методы ведения комплексного мониторинга на геодинамических полигонах (монография). – Алматы: КазННТУ, 2016. – 215 с.
5. Nurpeisova M.B., Rysbekov K.B., Donenbaeva N., Miletenko N.A. Modern methods of geotechnic – effective way of providing industrial safety in mines // Eurasian Mining. – 2021. Vol. 36, Iss. 2. – Pp. 18-21. Scjpus Q1 CiteScore – 2,8 Percentile (Engineering) – 63.
6. Способ прогнозирования ФМС и НДС массива. Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №19300 от 12 июля 2021 г. / Авторы: Кыргызбаева Г.М. и Нурпеисова М.Б.
7. Патент РК № 2021/0363.1. «Сейсмоакустический способ прогнозирования НДС массива» (Нурпеисова М.Б., Битимбаев М.Ж., Рысбеков К.Б., Кыргызбаева Г.М. Комитет по правам интеллектуальной собственности МЮ РК. – Астана, 20.05.2021 г.).
8. Новый подход к созданию ГДП. Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №19300 от 12 июля 2021 г. / Авторы: Кыргызбаева Г.М. и Нурпеисова М.Б.
9. Патент РК №4701. «Наземный постоянный геодезический пункт принудительного центрирования (ППЦ) высокоточных приборов» / Нурпеисова М.Б., Рысбеков К.Б., Доненбаева Н.С. Нукарбекова и др. – Комитет по правам интеллектуальной собственности МЮ РК. – Астана, 12.03.2021.
10. Патент РК №4702. «Подземный пункт принудительного центрирования (ППЦ) высокоточных приборов» / Нурпеисова М.Б., Рысбеков К.Б., Айтказинова и др. – Комитет по правам интеллектуальной собственности МЮ РК. – Астана, 12.03.2021.
11. Патент РК №10-20781. Состав раствора для укрепления нарушенных горных массивов в подземных выработках / Нурпеисова М.Б., Бек А.А., Естемесов З.А. Опубл. от 02.01.2020 г.
12. Bazaluk, O., Rysbekov K., Nurpeisova, M., Lozynskiy, V., Kyrgyzbayeva, G. Integrated Monitoring for the Rock Mass State During Large-Scale Subsoil Development // Frontiers in environmental science, Том 10 Номер статьи 852591 DOI 10.3389, 2022.852591 IF5. 411, Q1 SCIE Q2 CiteScore – 4,7 Percentile.

Жыланды топтар кен орындарын игеру кезінде деформациялық процестер мониторингінің инновациялық әдістері

¹**НУРПЕИСОВА Маржан Байсановна**, т.ғ.д., профессор, marzhan-nurpeisova@rambler.ru,

¹**РЫСБЕКОВ Канай Бахытович**, т.ғ.к., профессор, k.rysbekov@satbayev.university,

¹***КАСЫМКАНОВА Хайни-Камаль Михайловна**, т.ғ.д., профессор, khaini_kamal@mail.ru,

¹**КЫРГЫЗБАЕВА Гульдана Мейрамбековна**, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, g.kyrgyzbayeva@satbayev.university,

²**РАХИМОВ Гельман**, т.ғ.к., аға оқытушы, gelman.rakhimov@mail.ru,

¹«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Сәтбаев көшесі, 22, Алматы, Қазақстан,

²«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,

*автор-корреспондент.

Андатпа. Геомеханикалық және геодинамикалық процестерді зерттеу бойынша Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті (ҚазҰТЗУ) қызметкерлерінің көпжылдық зерттеулерінің нәтижелері келтірілген. Геомеханикалық процестерді басқару проблемасын барлық табиғи және техногендік факторларды кешенді есепке алуды және талдауды, сондай-ақ авторлар әзірлеген бақылау құралдарын пайдалануды көздейтін тау жыныстары массивінің жай-күйін геомониторингтің кешенді жүйесі негізінде шешуге болатындығы көрсетілген. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде өндіріске енгізілді: кен орындарының Жыланды топтарының аумағында геодинамикалық полигон (МДП) құрылды; бақылаулардың өнімділігі мен дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретін мәжбүрлеп орталықтандырудың тұрақты (жер үсті және жерасты) пункттерінің конструкциялары; массив жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін (ФМС) болжау тәсілі; массивтің ҚҚС болжаудың

сейсмоакустикалық тәсілі; карьер борттарының және жерасты қазбаларының бұзылған учаскелерінің тұрақтылығын арттыру үшін тау-кен өндірісі қалдықтарынан қатайтатын ерітіндінің құрамы. Құрылған МДП бақылаулардың өнімділігі мен дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретін кен орындарының Жыланды топтарын ауқымды игеру кезінде деформациялық процестердің ұзақ мерзімді мониторингін ұйымдастыру үшін сенімді негіз болып табылады. Алынған нәтижелер кеніштердегі өндірістік қауіпсіздік деңгейін арттыру және жер қойнауын игеруден туындаған экологиялық тәуекелдерді азайту үшін пайдаланылуы мүмкін.

Кілт сөздер: кен орындары, тау жыныстары, қасиеттері, жарылуы, деформациясы, кернеу жағдайы, мониторинг, инновациялық әдістер, заманауи аспаптар, бағалау, цемент ерітіндісі.

Innovative Monitoring Methods Deformation Processes During the Development Zhilandinsky Groups of Deposits

¹**NURPEISSOVA Marzhan**, Dr. of Tech. Sci., Professor, marzhan-nurpeisova@rambler.ru,

¹**RYSBEKOV Kanai**, Cand. of Tech. Sci., Professor, k.rysbekov@satbayev.university,

¹***KASSYMKANOVA Khaini-Kamal**, Dr. of Tech. Sci., Professor, khaini_kamal@mail.ru,

¹**KIRGIZBAYEVA Guldana**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor,
g.kyrgyzbayeva@satbayev.university,

²**RAKHIMOV Gelman**, Cand. of Tech. Sci., Senior Lecturer, gelman.rakhimov@mail.ru,

¹NPJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev»,
Satpayev Street, 22, Almaty, Kazakhstan,

²NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56,
Karaganda, Kazakhstan,

*corresponding author.

Abstract. The results of long-term research of employees of the Kazakh National Research Technical University (KazNITU) on the study of geomechanical and geodynamic processes are presented. It is shown that the problem of controlling geomechanical processes can be solved on the basis of a comprehensive system of geomonitoring the state of the rock mass, which provides for a comprehensive accounting and analysis of all natural and man-made factors, as well as the use of control tools developed by the authors. As a result of the conducted research, they were created and put into production: a geodynamic polygon (GDP) has been created on the territory of the Zhilandinsky groups of deposits; designs of permanent (ground and underground) points of forced centering, allowing to increase the productivity and accuracy of observations; a method for predicting the physical and mechanical properties (FMS) of rocks of the massif; seismoacoustic method of forecasting the VAT of the array; composition of a strengthening solution from mining waste to increase the stability of the sides of the quarry and disturbed areas of underground workings. The created GDP is a reliable basis for the organization of long-term monitoring of deformation processes during large-scale development of the Zhilandinsky groups of deposits, allowing to increase the productivity and accuracy of observations. The results obtained can be used to increase the level of production safety at mines and minimize environmental risks caused by the development of mineral resources.

Keywords: deposits, rocks, properties, fracturing, deformations, stress state, monitoring, innovative methods, modern instruments, evaluation, cement mortar.

REFERENCES

1. Satpaev K. I. Osnovnye rezul'taty kompleksnogo geologicheskogo izucheniya i voprosy genezisa Dzhezkazgana // *Geologiya rudnyh mestorozhdenij*. 1962. No. 3. Pp. 36-41.
2. Ryl'nikova M. V., YUn A. B., Terent'eva I. V. Vospolnenie vybyvayushchih moshchnostej rudnikov na stadii dorabotki balansovyh zapasov mestorozhdeniya – uslovie ekologicheski sbalansirovannogo razvitiya ZHezkazganskogo regiona // *Markshejderskij vestnik*. – 2016. No. 5. Pp. 6-10.
3. Otchet po Proektu «Razrabotka innovacionnyh metodov prognozirovaniya i ocenki sostoyaniya massiva dlya preduprezhdeniya chrezvychajnyh situacij tekhnogenogo haraktera poverhnosti pri krupnomasshtabnom osvoenii rudnyh mestorozhdenij Central'nogo Kazahstana». 2019-2021. 45 p.
4. Nurpeisova M.B., Rysbekov K.B. Innovacionnye metody vedeniya kompleksnogo monitoringa na geodinamicheskikh poligonah (monografiya). – Almaty: KazNITU, 2016. – 215 p.
5. Nurpeisova M.B., Rysbekov K.B., Donenbaeva N., Miletenko N.A. Modern methods of geotechnic – effective way of providing industrial safety in mines // *Eurasian Mining*. – 2021. Vol. 36, Iss. 2. – Pp. 18-21. Scjpus Q1 CiteScore – 2,8 Percentile (Engineering) – 63.
6. Sposob prognozirovaniya FMS i NDS massiva. Svidetel'stvo o vnesenii svedenij v gosudarstvennyj reestr prav na ob"ekty, ohranyaemye avtorskim pravom №19300 ot 12 iyulya 2021 g. / Avtory: Kyrgyzbaeva G.M. i Nurpeisova M.B.
7. Patent RK № 2021/0363.1. «Sejsmoakusticheskij sposob prognozirovaniya NDS massiva» (Nurpeisova M.B., Bitimbaev M.ZH., Rysbekov K.B., Kyrgyzbaeva G.M. Komitet po pravam intellektual'noj sobstvennosti MYU RK. – Astana, 20.05.2021 g.).
8. Novyj podhod k sozdaniyu GDP. Svidetel'stvo o vnesenii svedenii v gosudarstvennyj reestr prav na ob"ekty, ohranyaemye avtorskim pravom №19300 ot 12 iyulya 2021 g. / Avtory: Kyrgyzbaeva G.M. i Nurpeisova M.B.
9. Patent RK №4701. «Nazemnyj postoyannyj geodezicheskij punkt prinuditel'nogo centrirovaniya (PPC) vysokotochnyh priborov» / Nurpeisova M.B., Rysbekov K.B., Donenbaeva N.S. Nukarbekova i dr. – Komitet po pravam intellektual'noj sobstvennosti MYU RK – Astana, 12.03.2021.
10. Patent RK №4702. «Podzemnyj punkt prinuditel'nogo centrirovaniya (PPC) vysokotochnyh priborov» / Nurpeisova M.B., Rysbekov K.B., Ajtkazinova i dr. – Komitet po pravam intellektual'noj sobstvennosti MYU RK. – Astana, 12.03.2021.
11. Patent RK №10-20781. Sostav rastvora dlya ukrepleniya narushennyh gornyh massivov v podzemnyh vyrabotkah / Nurpeisova M.B., Bek A.A., Estemesov Z.A. Opubl. ot 02.01.2020 g.
12. Bazaluk, O., Rysbekov K., Nurpeisova, M., Lozynskiy, V., Kyrgyzbayeva, G. Integrated Monitoring for the Rock Mass State During Large-Scale Subsoil Development // *Frontiers in environmental science*, Tom 10 Nomer stat'i 852591 DOI 10.3389, 2022.852591 IF5.411, Q1 SCIE Q2 CiteScore – 4,7 Percentile.