

Код МРНТИ 52.13.04

К.Б. Рысбеков, М.Б. Нурпеисова, \*Х.М. Касымканова, Г.М. Кыргызбаева

Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

## ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ И ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Аннотация.** В статье рассматриваются способы и методы проведения геодинамического и геомеханического мониторинга на месторождениях полезных ископаемых, разрабатываемых открытым, подземным и комбинированным способами. Для полноты извлечения минерального сырья в эксплуатацию активно вводятся залежи полезных ископаемых на больших глубинах и залегающих в сложных горно-геологических условиях. Здесь ожидаются большие осложнения, связанные с геомеханической и геодинамической ситуациями, в результате которых могут разрушаться промышленные объекты, жилые дома и сооружения, а это, в свою очередь, приведет к большим финансовым убыткам горнодобывающих предприятий, человеческим потерям и социальной нестабильности в горнорудных районах. На основе данных, полученных из геодезических, геофизических, аэрокосмических исследований, горнорудные предприятия выполняют моделирование геомеханических и геодинамических процессов для принятия управленческих решений по нивелированию технологического производства для отвода негативного воздействия на природную среду, в целях обеспечения безопасной отработки месторождений полезных ископаемых.

**Ключевые слова:** геология, структура, тектоника, методика, геодезическая сеть, геодезические съемки, спутниковые системы, геодинамический мониторинг, спутниковые системы, моделирование, лазерное сканирование, геодинамические полигоны, напряженно-деформированное состояние.

### Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру кезіндегі тау-кен массивінің жай-күйінің геодинамикалық және геотехникалық мониторингі

**Аңдатпа.** Қазақстан тау-кен өнеркәсібі қарқынды дамып келе жатқан елдердің бірі болып табылады, сондықтан мақалада ашық, жерасты және аралас тәсілдермен игерілетін пайдалы қазбалар кен орындарында геодинамикалық және геотехникалық мониторинг жүргізу тәсілдері мен әдістері туралы ақпарат қарастырылады. Минералды шикізатты толық алу үшін пайдалы қазбалардың шөгінділері үлкен тереңдікте және күрделі тау-кен-геологиялық жағдайларда пайдалануға белсенді түрде енгізіледі. Мұнда геомеханикалық және геодинамикалық жағдайларға байланысты үлкен асқынулар күтілуде, нәтижесінде өндірістік нысандар, тұрғын үйлер мен құрылыстар бұзылуы мүмкін және бұл өз кезегінде тау-кен кәсіпорындарының үлкен қаржылық шығындарына, тау-кен аудандарындағы адам шығыны мен әлеуметтік тұрақсыздыққа әкеледі. Геодезиялық, геофизикалық, аэроғарыштық мәліметтерден алынған мәліметтер негізінде тау-кен кәсіпорындары геомеханикалық және геодинамикалық модельдеуді орындайды.

**Түйінді сөздер:** геология, құрылым, тектоника, әдістеме, геодезиялық желі, геодезиялық түсірілім, спутниктік жүйелер, геодинамикалық мониторинг, спутниктік жүйелер, модельдеу, лазерлік сканерлеу, геодинамикалық полигондар, кернеулі-деформацияланған күй.

### Geodynamic and geotechnical monitoring of the array state in the development of mineral deposits

**Abstract.** Kazakhstan is one of the countries where the mining industry is developing at a rapid speed, therefore, the article discusses information on the methods for conducting geodynamic and geomechanical monitoring at mineral deposits developed by open, underground and combined methods. To complete the extraction of mineral raw materials, mineral deposits are actively put into operation at great depths and occurring in difficult mining and geological conditions. Here, large complications are expected associated with geomechanical and geodynamic situations, as a result of which industrial facilities, residential buildings and structures may collapse, and this, in turn, will lead to large financial losses for mining enterprises, to human losses and social instability in mining areas. Based on data obtained from geodetic, geophysical, aerospace data, mining enterprises perform simulations of geomechanical and geodynamic processes to make management decisions on leveling technological production to remove the negative impact of the natural environment in order to ensure the safe development of a mineral deposit.

**Key words:** geology, structure, tectonics, methodology, geodetic network, geodetic surveys, satellite systems, geodynamic monitoring, satellite systems, modeling, laser scanning, geodynamic polygons, stress-strain state.

### Введение

С каждым годом численность людей на Земле растет, скоро мы столкнемся с такой проблемой, как нехватка сырьевых ресурсов и тогда в разработку будут вовлекаться месторождения, находящиеся в сложных горно-геологических условиях и залегающих на больших глубинах.

В Казахстане горнодобывающая промышленность является одним из самых передовых производств по обеспечению рабочими местами населения. Для полноты извлечения минерального сырья в эксплуатацию активно вводятся залежи полезных ископаемых на больших глубинах и залегающих в сложных горно-геологических условиях<sup>1</sup>.

Конечно, здесь ожидаются большие осложнения, связанные с геомеханической и геодинамической ситуациями, в результате которых могут разрушаться промышленные объекты, жилые дома и сооружения, что, в свою очередь, приведет к большим финансовым убыткам горнодобывающих предприятий и, что самое печальное, к человеческим потерям и социальной нестабильности в горнорудных районах.

В целях принятия управленческих решений по нивелированию технологического производства для отвода негативного воздействия на природную среду необходимо выполнить моделирование геомеханических и геодинамических процессов

на основе данных, полученных из геодезических, геофизических, аэрокосмических исследований, чтобы обеспечить безопасную отработку месторождений полезных ископаемых открытым, подземным и комбинированным способом и не понести финансовых затрат<sup>2</sup>.

В современных реалиях при проведении геодинамического и геомеханического мониторинга деформационных процессов земной поверхности глобального, регионального, локального характера при разработке месторождений полезных ископаемых активно применяют:

- глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС);
- лазерное сканирование;

<sup>1</sup>О государственной поддержке индустриально-инновационной деятельности. / Закон Республики Казахстан от 11.01.2012 г.

<sup>2</sup>Bazaluk O., Rysbekov K., Nurpeisova M., Lozynskiy V., Kyrgyzbayeva G., Turumbetov T. Integrated monitoring for the rock mass state during large-scale subsoil development. / *Frontiers in Environmental Science*. – 2022. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.852591> [электронный ресурс].

- фотограмметрию, основанную на применении беспилотных летательных аппаратов (БПЛА);

- дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) [1].

Геодинамические полигоны и наблюдательные станции закладываются в районах, где ведутся горные работы по разработке месторождений полезных ископаемых с целью проведения комплексных наблюдений с применением современных геодезических и геофизических приборов и средств. Наблюдения выполняют обычно 2 раза в год – осенний и весенний периоды. Получают результаты по смещению реперов геодинамического полигона и реперов наблюдательной станции в пределах разрабатываемого месторождения. По геопространственным данным реперов и центров геодинамического полигона и наблюдательной станции после проведения нескольких серий наблюдений появляется понимание, насколько интенсивна динамика во времени деформационных процессов.

Результаты серий наблюдений необходимо визуализировать, что позволит обоснованно выделить активные участки смещения геологических блоков и разломов во время разработки месторождений полезных ископаемых для прогнозирования участков возможных деформаций и принятия соответствующих управленческих решений с целью обеспечения безопасности ведения горных работ в пределах горного отвода, а также населенных пунктов, промышленных объектов в районе земельного отвода [2].

#### Методы исследования

Структурные особенности горного массива определяют развитие геомеханических и геодинамических процессов при его разработке. Сдвигание горных пород при подземном способе разработки, устойчивость карьерных откосов напрямую связаны со структурными особенностями горного массива.

Одним из структурных элементов массива горных пород, особенно влияющих на геомеханическую

и геодинамическую ситуацию при разработке месторождений полезных ископаемых, является трещинная тектоника. Для достоверной оценки устойчивости горного массива на стадии проектирования и последующей его разработки в расчетные данные вводятся коэффициент структурного ослабления, который напрямую зависит от степени трещиноватости горного массива. Выделяют качественную и количественную трещиноватость<sup>3</sup>. Качество трещиноватости оценивают по горной породе, где проходит трещина, а также то, чем она заполнена, и какова поверхность ее стенок. Количественная трещиноватость – это степень трещиноватости, длина, угол падения, ширина. По степени проявления трещины подразделяются на открытые, закрытые и скрытые. Открытые обнаруживаются легко в горном массиве, так как у них полость видна невооруженным глазом; скрытые – только тогда, когда отобранные образцы горного массива раскалывают. Закрытые можно определить при помощи современного лазерного сканера (рис. 1). Данный метод съемки трещиноватости горного массива отличается от известных большей информативностью по трещиноватости и тем, что нет контакта исполнителя работ с горным массивом.

В настоящее время в систему наземного сканирования, помимо

лазерного сканера, входят GPS-приемники для определения координат в режиме реального времени и постобработки.

При помощи наземного лазерного сканирования определяют структурные элементы карьерных откосов: трещины, границы литологических разностей, различные нарушения карьерных откосов и т. д., что позволяет провести районирование карьерных откосов по степени их нарушенности. Технология лазерного сканирования позволит получить с высокой точностью 3D-модель карьера для проектирования сети наблюдательных станций в местах повышенной концентрации трещинной тектоники [3].

Для проектирования геодинамического полигона используется 3D-модель, полученная с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Применение данного метода уменьшает полевые геодезические работы и их постобработку.

Проведение геодинамического мониторинга над подработанным пространством (подземные горные работы) зависит от поставленных задач, которые могут отличаться по точности определения пространственных данных реперов геодинамического полигона, организационными и методическими целями.

Деформационные процессы на земной поверхности делятся на природно-тектонические и техногенные.



**Рис. 1. Лазерное сканирование карьерных откосов.**

**Сурет 1. Ашық карьерлерді лазерлік сканерлеу.**

**Figure 1. Laser scanning of open pit slopes.**

<sup>3</sup>Kassymkanova K.-K. et al. Geomechanical Processes and Their Assessment in the Rock Massifs in Central Kazakhstan. / SpringerBriefs in Earth Sciences. – 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-33993-7> [электронный ресурс]

Техногенные деформации развиваются с высокой скоростью, иногда достигающей нескольких дециметров в год. К частоте и точности измерений по проведению геомониторинга, особенно при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом и когда над подработанным пространством находится жилая, производственная, транспортная инфраструктура предъявляют повышенные требования по предупреждению скорости развития деформационных процессов техногенного характера [4]. Из имеющегося современного геодезического оборудования ГНСС в целом соответствует данным требованиям, но следует отметить, что по точности геодезических измерений ГНСС таковым не является. Однако, по технологическим параметрам – ведение мониторинга до долей секунд – можно его использовать и во время дистанционного контроля, а также при автоматизации измерений (рис. 2).

Методика проведения геомониторинга заключается в следующем: по материалам ранее проведенных исследований изучают геологию и тектонику региона; определяют физико-механические свойства горного массива; определяют границы проведения геомониторинга; используют геодезические методы: тахеометрический, GPS-наблюдения, лазерное сканирование. По результатам проведения геомониторинга выполняется прогноз и дается оценка состояния горного массива при его активной разработке. На основании полученных результатов геодинамического и геомеханического мониторинга принимаются управленческие решения по безопасной обработке месторождения [5].

Геомеханические процессы, происходящие в горном массиве в результате техногенного воздействия горного производства, наряду с инструментальными геодезическими исследованиями, нужно еще исследовать с применением аэрокосмических и геофизических методов, так как инструментальные геодезические методы дают лишь

количественные оценки сдвижений, уже произошедших, а их зарождение можно проконтролировать с помощью аэрокосмической съемки, лазерного сканирования, а также геофизическими методами.

#### Проведение исследований

Для проведения геодинамического и геомеханического мониторинга с целью выявления скорости развития техногенных деформационных процессов в районах горного и земельного отводов месторождения полезных ископаемых закладываются геодинамические полигоны и наблюдательные станции, которые опираются на пункты государственной геодезической сети и включают в себя опорные реперы наблюдательных станций, геофизические пункты, маркшейдерскую сеть исследуемого месторождения.

Для более детального, а с экономической точки зрения (не надо проводить закладку профильных линий по всему горному отводу) выгодного изучения геодинамических процессов при разработке месторождений медистых песчаников в Центральном Казахстане, рудные жилы которых залегают на значительных глубинах и разбросаны по полю, геомеханическая школа Satbayev University во время проведения исследований в рамках грантового финансирования предложила закладывать на таких

месторождениях непосредственно над рудными жилами «узловые» ветви, в состав которых входят базовые (референчные), опорные (исходные) и деформационные геодезические и нивелирные пункты<sup>4</sup> [6]. Все узловые пункты расположены в соответствии с рудными жилами, представленными на рис. 3. Современные геодезические технологии позволяют проводить дискретные и регулярные наблюдения, тем самым обеспечивая безопасность ведения горных работ и предупреждение развития деформационных процессов.

Для получения достоверной информации по скорости развития деформаций геомеханическая школа Satbayev University рекомендует проводить инструментальный контроль, комплексно опираясь на достижение технического прогресса в области геодезии, аэрокосмонавтики, геофизики, гидрогеологии и других методов исследования.

Организация геомеханического мониторинга инструментальных наблюдений за состоянием выработок и карьерных откосов включает в себя следующее:

- выявление неустойчивых участков на основе анализа инженерно-геологических и горно-технических условий разработки месторождения;
- проектирование наблюдательных станций;



**Рис. 2. Применение глобальной навигационной спутниковой системы при проведении геодинамического мониторинга.**

**Сурет 2. Геодинамикалық бақылау үшін ғаламдық навигациялық спутниктік жүйені қолдану.**

**Figure 2. Application of Global Navigation Satellite System for geodynamic monitoring.**

<sup>4</sup>Нурпеисова М.Б., Кыргызбаева Г.М., Бек А.А. Геомеханический мониторинг техногенных систем: монография. / Lambert. – 2017. – 113 с.

- вынос проекта наблюдательных станций в натуру с последующей закладкой реперов;

- привязка опорных реперов к пунктам опорной геодезической сети;

- выполнение серий инструментальных наблюдений по реперам наблюдательной станции;

- камеральная обработка и анализ результатов инструментальных наблюдений.

### Заключение

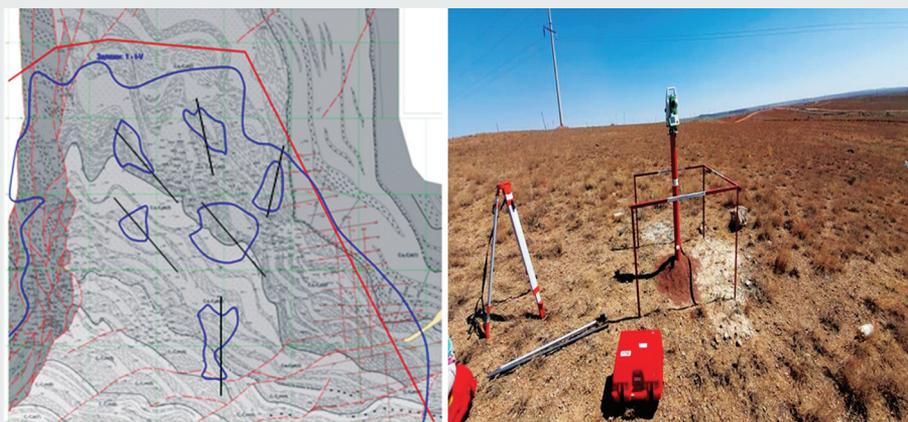
Систематические наблюдения на станциях заключаются в определении плано-высотного положения рабочих реперов профильных линий на текущий момент времени с помощью геодезических приборов, изучении возникающих нарушений устойчивости, установлении их характера, степени опасности и причин возникновения, их документации с отражением условий съемки и основных горно-геологического факторов [7].

Проведение систематических наблюдений позволяет дать количественную оценку сдвижений горной выработки; в комплексе с инженерно-геологическими и

гидрогеологическими исследованиями помогает выявить характер начавшегося сдвижения, что дает возможность сделать прогнозы относительно ее развития во времени и пространстве, наметить мероприятия по устранению причин, вызывающих развитие опасных сдвижений.

Инструментальные измерения – это оперативный надежный

контроль, который может выполняться и в режиме реального времени за состоянием геологических структур, слагающих горный массив, инженерных сооружений, размещенных на данном массиве и вблизи его. При помощи инструментального контроля можно исследовать развитие деформационных явлений во времени.



**Рис. 3. «Узловой метод», предложенный геомеханической школой Satbayev University.**

**Сурет 3. Сәтбаев университетінің геомеханикалық мектебі ұсынған «тораптық әдіс».**

**Figure 3. The «nodal method» proposed by the geomechanical school of Satbayev University.**

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kuldeev E.I., Rysbekov K.B., Dopenbayeva N.S., Miletenko N.A. Современные методы геотехники – эффективный способ обеспечения промышленной безопасности на шахтах. // Евразийская горнодобывающая промышленность. – 2021. – №2. – С. 18-21 (на английском языке)
2. Опарин В.Н. Методологические основы построения многослойных мониторинговых систем геомеханико-геодинамической безопасности для горнодобывающих районов в тектонически активных зонах. // Проблемы и пути инновационного развития горнодобывающей промышленности: Материалы VI междунар. науч.-практ. конф. – Алматы, 2013. – С. 68-78 (на русском языке)
3. Nurpeisova M.B., Bitimbayev M.Zh., Rysbekov K.B., Bekbasarov Sh.Sh. Прогноз изменения геодинамического режима геологической среды при крупномасштабном освоении недр. // Научный вестник Национального горного университета. – 2021. – №6. – С. 5-10 (на английском языке)
4. Барях А.А., Санфиоров И.А. Комплексное геомеханическое и геофизическое обеспечение безопасности подземных работ. // Горный журнал. – 2005. – №12. – С. 79-83 (на русском языке)
5. Nurpeissova M., Bitimbayev M.Zh., Rysbekov K.B., Derbisov K., Turumbetov T., Shults R. Геодезическое обоснование Сарыаркинского меднорудного района. // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геолого-технических наук. – 2020. – №6(444). – С. 194-202 (на английском языке)
6. Sdvyzhkova O., Babets D., Moldabayev S., Rysbekov K., Sarybayev M. Математическое моделирование стохастического изменения свойств горных пород при проектировании выемки. // Международная междисциплинарная научная геоконференция «Геодезическая геология и управление горной экологией SGEM». – 2020. – Вып. 1,2. – С. 165-172 (на английском языке)

7. Cheskidov V., Kassymkanova Kh.-K., Lipina A., Bornman M. *Современные методы мониторинга и прогнозирования состояния откосных сооружений. // E3S Сеть конференций. IV Международный инновационный горный симпозиум. – 2019. – Вып. 105. – С. 0100114 (6 с.) (на английском языке)*

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Kuldeev E.I., Rysbekov K.B., Donenbayeva N.S., Miletenko N.A. *Заманауи геотехникалық әдістер – шахталарда өнеркәсіптік қауіпсіздікті қамтамасыз етудің тиімді тәсілі. // Еуразиялық тау-кен өнеркәсібі. – 2021. – №2. – Б. 18-21 (ағылшын тілінде)*
2. Опарин В.Н. *Тектоникалық белсенді аймақтардағы тау-кен аудандары үшін геомеханикалық-геодинамикалық қауіпсіздіктің көп қабатты мониторингтік жүйелерін құрудың әдіснамалық негіздері. // Тау-кен өнеркәсібінің инновациялық даму мәселелері мен жолдары: VI Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның материалдары. – Алматы, 2013. – Б. 68-78 (орыс тілінде)*
3. Nurpeisova M.B., Bitimbayev M.Zh., Rysbekov K.B., Bekbasarov Sh.Sh. *Жер қойнауын ауқымды игеру кезіндегі геологиялық ортаның геодинамикалық режимінің өзгеру болжамы. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми хабаршысы. – 2021. – №6. – Б. 5-10 (ағылшын тілінде)*
4. Барях А.А., Санфиров И.А. *Жерасты жұмыстарының қауіпсіздігін кешенді геомеханикалық және геофизикалық қамтамасыз ету. // Тау-кен журналы. – 2005. – №12. – Б. 79-83 (орыс тілінде)*
5. Nurpeissova M., Bitimbayev M.Zh., Rysbekov K.B., Derbisov K., Turumbetov T., Shults R. *Сарыарқа мыс рудасы ауданының геодезиялық негіздемесі. // Республика Ұлттық Ғылым академиясының еңбектері. Геологиялық және техникалық ғылымдар сериясы. – 2020. – №6(444). – Б. 194-202 (ағылшын тілінде)*
6. Sdvyzhkova O., Babets D., Moldabayev S., Rysbekov K., Sarybayev M. *Қазбаны жобалау кезінде тау жыныстарының қасиеттерінің стохастикалық өзгерісін математикалық модельдеу. // Халықаралық пәнаралық ғылыми геоконференция «Геодезиялық геология және тау экологиясын басқару SGEM». – 2020. – Шығ. 1,2. – С. 165-172 (ағылшын тілінде)*
7. Cheskidov V., Kassymkanova Kh.-K., Lipina A., Bornman M. *Еңіс құрылымдардың жағдайын бақылау мен болжаудың заманауи әдістері. // E3S конференция желісі. IV Халықаралық инновациялық тау-кен симпозиумы. – 2019. – Шығ. 105. – Б. 0100114 (6 б.) (ағылшын тілінде)*

#### REFERENCES

1. Kuldeev E.I., Rysbekov K.B., Donenbayeva N.S., Miletenko N.A. *Modern methods of geotechnic – effective way of providing industrial safety in mines. // Eurasian Mining. – 2021. – №2. – P. 18-21 (in English)*
2. Oparin V.N. *Metodologicheskie osnovy postroeniya mnogoslojnyx monitoringovyx sistem geomexaniko-geodinamicheskoy bezopasnosti dlya gornodobyvayushhix rajonov v tektonicheski aktivnyx zonax [Methodological foundations for building multilayer monitoring systems of geomechanical and geodynamic safety for mining areas in tectonically active zones]. // Problemy i puti innovacionnogo razvitiya gornodobyvayushhej promyshlennosti: Materialy VI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii = Problems and ways of innovative development of the mining industry: Proceedings of the VI International scientific-practical conferences. – Almaty, 2013. – P.68-78 (in Russian)*
3. Nurpeisova M.B., Bitimbayev M.Zh., Rysbekov K.B., Bekbasarov Sh.Sh. *Forecast changes in the geodynamic regime of geological environment during large-scale subsoil development. // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2021. – №6. – P. 5-10 (in English)*
4. Baryax A.A., Sanfirov I.A. *Kompleksnoe geomexanicheskoe i geofizicheskoe obespechenie bezopasnosti podzemnyx rabot [Integrated geomechanical and geophysical security of underground operations]. // Gornyj zhurnal = Mining journal. – 2005. – №12. – P. 79-83 (in Russian)*
5. Nurpeissova M., Bitimbayev M.Zh., Rysbekov K.B., Derbisov K., Turumbetov T., Shults R. *Geodetic substantiation of the saryarka copper ore region. // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2020. – №6(444). – P. 194-202 (in English)*

6. *Sdvyzhkova O., Babets D., Moldabayev S., Rysbekov K., Sarybayev M. Mathematical modeling a stochastic variation of rock properties at an excavation design. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. – 2020. – Vol. 1.2. – P. 165-172 (in English)*
7. *Cheskidov V., Kassymkanova Kh.-K., Lipina A., Bornman M. Modern methods of monitoring and predicting the state of slope structures. // E3S Web of Conferences. International Innovative Mining Symposium. – 2019. – Vol. 105. – P. 0100114 (6 p.) (in English)*

#### Сведения об авторах:

**Рысбеков К.Б.**, канд. техн. наук, директор Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [k.rysbekov@satbayev.university](mailto:k.rysbekov@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0003-3959-550X>

**Нурпейсова М.Б.**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [m.nurpeissova@satbayev.university](mailto:m.nurpeissova@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0002-3956-5442>

**Касымканова Х.-К.М.**, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [k.kassymkanova@satbayev.university](mailto:k.kassymkanova@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0002-9590-2079>

**Кыргызбаева Г.М.**, канд. техн. наук, ассоциированный профессор, доцент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [g.kyrgyzbayeva@satbayev.university](mailto:g.kyrgyzbayeva@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0002-4869-0587>

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Рысбеков Қ.Б.**, техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институтының директоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Нұрпейісова М.Б.**, техника ғылымдарының докторы, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Қасымқанова Х.-К.М.**, техника ғылымдарының докторы, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Қыргызбаева Гүлдана Мейрамбекқызы**, техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының доценті (Алматы қ., Қазақстан)

#### Information about the authors:

**Rysbekov K.B.**, Candidate of Technical Sciences, Director of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Nurpeisova M.B.**, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Kassymkanova Kh.-K.M.**, Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of the Department of Mine Surveying and Geodesy, of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Kyrgyzbayeva G.M.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК (Грант №AP14871828).*