

ISSN 2518-170X (Online),  
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ  
Satbayev University

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

## ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Satbayev University

## NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
Satbayev University

**SERIES**  
**OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES**

**1 (445)**

**JANUARY – FEBRUARY 2021**

THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

---

*NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of geology and technical sciences scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of geology and technical sciences in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of geology and engineering sciences to our community.*

*Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы "ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы" ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді геология және техникалық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.*

*НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по геологии и техническим наукам для нашего сообщества.*

Б а с р е д а к т о р ы  
э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА академигі

**И.К. Бейсембетов**

Бас редакторының орынбасары  
**Жолтаев Г.Ж.** проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

**Абаканов Т.Д.** проф. (Қазақстан)  
**Абишева З.С.** проф., академик (Қазақстан)  
**Абсадыков Б.Н.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Агабеков В.Е.** академик (Беларусь)  
**Алиев Т.** проф., академик (Әзірбайжан)  
**Бакиров А.Б.** проф., (Қырғызстан)  
**Буктуков Н.С.** проф., академик (Қазақстан)  
**Булат А.Ф.** проф., академик (Украина)  
**Ганиев И.Н.** проф., академик (Тәжікстан)  
**Грэвис Р.М.** проф. (АҚШ)  
**Жарменов А.А.** проф., академик (Қазақстан)  
**Конторович А.Э.** проф., академик (Ресей)  
**Курскеев А.К.** проф., академик (Қазақстан)  
**Курчавов А.М.** проф., (Ресей)  
**Медеу А.Р.** проф., академик (Қазақстан)  
**Оздоев С.М.** проф., академик (Қазақстан)  
**Постолатий В.** проф., академик (Молдова)  
**Степанец В.Г.** проф., (Германия)  
**Штейнер М.** проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы».

**ISSN 2518-170X (Online),**  
**ISSN 2224-5278 (Print)**

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде  
29.07.2020 ж. берілген № **KZ39VPY00025420** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

**Тақырыптық бағыты: геология және техникалық ғылымдар бойынша мақалалар жариялау.**

Мерзімділігі: жылына 6 рет.  
Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219, 220 бөл.,  
тел.: 272-13-19, 272-13-18,

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

---

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2021

Типографияның мекенжайы: «NurNaz GRACE», Алматы қ., Рысқұлов көш., 103.

Главный редактор  
д. э. н., профессор, академик НАН РК

**И. К. Бейсембетов**

Заместитель главного редактора  
**Жолтаев Г.Ж.** проф., доктор геол.-мин. наук

Редакционная коллегия:

**Абаканов Т.Д.** проф. (Казахстан)  
**Абишева З.С.** проф., академик (Казахстан)  
**Абсадыков Б.Н.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Агабеков В.Е.** академик (Беларусь)  
**Алиев Т.** проф., академик (Азербайджан)  
**Бакиров А.Б.** проф., (Кыргызстан)  
**Буктуков Н.С.** проф., академик (Казахстан)  
**Булат А.Ф.** проф., академик (Украина)  
**Ганиев И.Н.** проф., академик (Таджикистан)  
**Грэвис Р.М.** проф. (США)  
**Жарменов А.А.** проф., академик (Казахстан)  
**Конторович А.Э.** проф., академик (Россия)  
**Курскеев А.К.** проф., академик (Казахстан)  
**Курчавов А.М.** проф., (Россия)  
**Медеу А.Р.** проф., академик (Казахстан)  
**Оздоев С.М.** проф., академик (Казахстан)  
**Постолатий В.** проф., академик (Молдова)  
**Степанец В.Г.** проф., (Германия)  
**Штейнер М.** проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

**ISSN 2518-170X (Online),**  
**ISSN 2224-5278 (Print)**

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ39VPY00025420**, выданное 29.07.2020 г.

**Тематическая направленность: публикация статей по геологии и технических наукам.**

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2021

Адрес типографии: «NurNaz GRACE», г. Алматы, ул. Рыскулова, 103.

Editor in chief

doctor of Economics, professor, academician of NAS RK

**I. K. Beisembetov**

Deputy editor in chief

**Zholtayev G.Zh.** prof., dr. geol-min. sc.

Editorial board:

**Abakanov T.D.** prof. (Kazakhstan)  
**Abisheva Z.S.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Absadykov B.N.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Agabekov V.Ye.** academician (Belarus)  
**Aliyev T.** prof., academician (Azerbaijan)  
**Bakirov A.B.** prof., (Kyrgyzstan)  
**Buktukov N.S.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Bulat A.F.** prof., academician (Ukraine)  
**Ganiyev I.N.** prof., academician (Tadjikistan)  
**Gravis R.M.** prof. (USA)  
**Zharmenov A.A.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Kontorovich A.Ye.** prof., academician (Russia)  
**Kurskeyev A.K.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Kurchavov A.M.** prof., (Russia)  
**Medeu A.R.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Ozdoyev S.M.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Postolatii V.** prof., academician (Moldova)  
**Stepanets V.G.** prof., (Germany)  
**Steiner M.** prof. (Germany)

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.**

**ISSN 2518-170X (Online),  
ISSN 2224-5278 (Print)**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. KZ39VPY00025420**, issued 29.07.2020.

**Thematic scope: *publication of papers on geology and technical sciences.***

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,  
<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2021

Address of printing house: «NurNaz GRACE», 103, Ryskulov str, Almaty.

**NEWS****OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES**

ISSN 2224-5278

Volume 1, Number 445 (2021), 135 – 143

<https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.19>УДК 622.271: 622.83  
МРНТИ**С. А. Съедина, Г. Б. Абдыкаримова, А. А. Алтаева, Н. Д. Рахимов**РГП «НЦ КПМС МИР РК» Институт горного дела им. Д.А. Кунаева, Алматы, Казахстан.  
E-mail: ssa2704@mail.ru, abdykarimovagulnur@gmail.com, a.aselya\_92@mail.ru, nurik.igd@mail.ru**ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИЗА КИНЕМАТИЧЕСКОЙ  
УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ РАЦИОНАЛЬНЫХ  
ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТУПОВ КАРЬЕРА**

**Аннотация.** Основным фактором, определяющим устойчивость уступов карьеров в скальных и полускальных породах, является геолого-структурный, поскольку потенциальные призмы обрушения той или иной конфигурации формируются разноориентированными разрывными нарушениями (трещинами) при определенных пространственных взаимоотношениях между собой и поверхностью карьера. Оценка возможных плоскостных, клиновидных и опрокидывающих обрушений отдельных уступов производится путём анализа параметров структурных нарушений, выявленных в пределах массива пород исследуемого участка карьера относительно ориентации бортов карьера.

В статье представлены результаты анализа кинематической устойчивости оптимальных параметров уступов на примере Куржункульского карьера, обеспечивающих их устойчивость на предельном контуре. Предложена последовательность действий при определении параметров устойчивости скальных уступов карьера. Выполнение кинематического анализа на основе выделенных систем трещин позволяет определить вероятные схемы разрушения откосов уступов и выбрать расчетные схемы их устойчивости для обоснования их оптимальных параметров и принятия решений по их стабилизации.

Проведение геолого-структурного районирования карьерного пространства по данной методике позволяет провести анализ удерживающей способности предохранительных берм для контроля выявленных обрушений, выделить уступы, которые необходимо привести в безопасное состояние с определением их устойчивых параметров и рекомендовать варианты оптимизации проектного профиля.

**Ключевые слова:** карьер, устойчивость уступов, кинематический анализ, системы трещин, деформации, трещиноватость массива.

**Введение.** Куржункульское железорудное месторождение находится в Костанайской области, отработка ведется одноименным карьером. В настоящее время глубина карьера достигла отметки минус 28 м (глубина 240 м). По сложности геологического строения Куржункульское месторождение отнесено к 3-й группе из-за сложной морфологии рудных тел. Для повышения уровня достоверности геомеханической модели для Куржункульского карьера была разработана программа геомеханических исследований массива пород, которая включала в себя бурение геомеханических скважин с получением и документированием ориентированного керна. База данных замеров трещиноватости скального массива Куржункульского карьера на 2019 год состоит из замеров трещиноватости, полученных в ходе документации ориентированного керна геотехнических скважин и данных изучения трещиноватости инженерно-геологической съемки уступов [1].

Структурные и инженерно-геологические исследования района работ и массива пород месторождения проводятся постадийно, с последовательным уточнением и детализированием ключевых элементов и факторов при дальнейшей отработке карьера [2,3].

При определении параметров устойчивых скальных уступов карьера, где обрушения определяются трещиноватостью, выполняется следующая последовательность действий [4,5]:

1. Статистический анализ – выполняется на имеющихся данных структурно-тектонического строения массива (стереографические проекции).

2. Выделение систем трещин – по их ориентации и типу.

3. Кинематический анализ – определение потенциальных механизмов деформирования отко-сов уступов.

4. Определение устойчивых параметров уступа – в зависимости от ориентации борта и возможности обрушения, прочностных свойств контактов поверхностей ослабления, задача расчета устойчивости уступа решается в плоской (методом предельного равновесия) или трехмерной постановке (метод объемных блоков).

5. Районирование карьера – по взаимной ориентации борта и выявленных систем трещин.

**Методика и результаты исследования.** Для выявления потенциально неустойчивых зон скального массива Куржункульского карьера были проанализированы данные замеров трещиноватости, полученные в ходе документации ориентированного керна 17 инженерно-геологических скважин с целью установить направление и характер основных поверхностей ослабления, определить ориентировку в пространстве основных систем трещин [1].

При определении параметров залегания основных систем трещин Куржункульского карьера выполнен кинематический анализ данных скважин, расположенных вблизи конечного контура и определяющих ориентировку трещин приконтурной зоны бортов карьера.

В прибортовом массиве горных пород Куржункульского карьера по результатам статистической обработки структурных данных ЮЗ, ЮВ, СЗ бортов выделено 6 систем трещин, представленных на обобщенной стереограмме трещиноватости (рисунок 1, а).

Для северо-восточного борта кинематический анализ структур не выполнен, так как данные по трещиноватости породного массива получены на относительно небольшом интервале по глубине 50 м (до абс, отм. +105 м) и было бы неверно утверждать, что выявленные на этом интервале изменения трещиноватости характерны до проектной глубины карьера.

По результатам статистического анализа данных выявлены отдельные трещины, которые не отнесены в выделенные системы (рисунок 1, б). Эти трещины образуют бессистемную хаотическую трещиноватость, которая наблюдается в зонах дробления и выветривания [1,2].

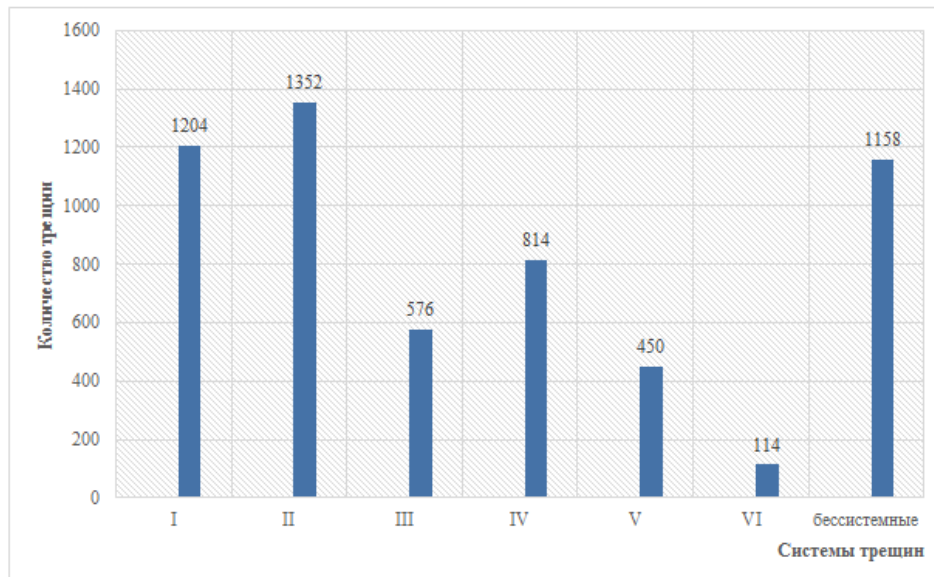
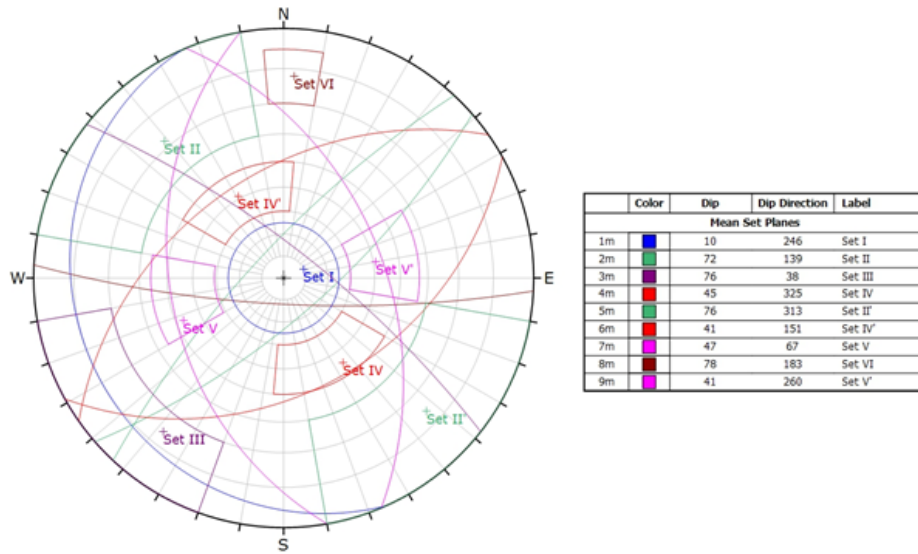
Выделяют «концентрированные» или основные (характеризуются наличием максимума с достаточно высокой интенсивностью и весьма небольшим разбросом (15-20°) полюсов трещин по простиранию и падению) и «рассеянные» или второстепенные (характерен большой по площади «расплывчатый» максимум с разбросом полюсов трещин до 40-50° и более) системы трещин [6].

При выделении систем значительную роль играет величина интенсивности максимума. Низкая интенсивность максимума при большом или малом разбросе полюсов не позволяет определить этот максимум как систему, а только как фоновую трещиноватость. Также высокая интенсивность даже при существенном разбросе дает «рассеянную» систему (система Set I), тогда как при малом разбросе полюсов трещин – это однозначно четкая «концентрированная» система (система Set V, Set VI).

Выполнение кинематического анализа на основе выделенных систем трещин позволяет определить вероятные схемы разрушения отко-сов уступов и выбрать расчетные схемы их устойчивости для обоснования их оптимальных параметров и принятия решений по их стабилизации [5,7-10].

Изучение структурных данных проводилось для приконтурной зоны, находящейся вблизи или параллельно откосу уступов, которая подвергается постоянным внешним природным и технологическим воздействиям и считается наиболее ослабленной, нарушенной. Эта зона характеризует степень устойчивости пород в конструктивных элементах борта карьера.

Юго-западный борт карьера в скальной части сложен диоритовыми и дацитовыми порфиритами, метасоматитами и известняками. Данными документирования отмечаются зоны повышенной трещиноватости до 20 трещин на метр в отметках (-100 м) ÷ (-160 м), преобладание субвертикальной трещиноватости в порфиритах и субгоризонтальной в известняках, мощность трещин 1-3 мм, залеченные карбонатами, хлоритом. Для ЮЗ борта главными системами трещин являются Set I, Set II, Set IV-IV', четко выделяются разрывные нарушения северо-восточного простирания.



Система	I	II	III	IV	V	VI	Бессист.
Интенсивность максимума, %	21,24	23,85	10,16	14,36	7,94	2,01	20,43

Рисунок 1 – Стереодиаграмма (а) и гистограмма распределения (б) систем трещин Куржункульского карьера

Юго-восточный борт карьера в скальной части сложен порфиритами, метасоматитами, известняками и порфириновыми андезитами и представляет лежащий бока карьера, залегание слоев полого-наклонное ( $\beta < 30^\circ$ ). Изучение трещиноватости приконтурной зоны ЮВ борта карьера проводилось до отметки минус 140 м, ниже данные по литологии и трещиноватости отсутствуют. Интервал от гор. 155 м до 39,9 м интенсивно трещиноватый, в этих пределах прослеживаются ослабленные зоны, вызванные повышенной трещиноватостью метасоматитов с рыхлым заполнителем трещин, порода хрупкая и легко разрушаемая.

Для ЮВ борта главными системами трещин являются Set I, Set II-II', Set IV. Преобладают наклонные и крутопадающие трещины северо- и северо-восточного простирания. Оставшиеся трещины имеют незначительные концентрации и локальное распределение.

Северо-западный борт в скальной части сложен порфиритами, метасоматитами, представлен мелко- и среднеблочными породами, на горизонтах +160 ÷ 100 м выявлено тектоническое нарушение. Для СЗ борта выделяются три зоны трещиноватости Set I, Set II, Set III. Несколько повы-



шенная концентрация отмечается в максимумах северо-западного и юго-западного падения, что указывает на сохранение общей закономерности развития основных разрывных нарушений Куржункульского месторождения.

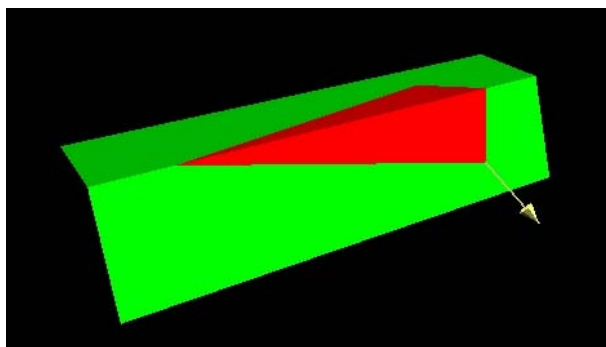
Из выявленных систем трещин исследуемых участков установлены те, которые сами по себе или в сочетании друг с другом с наибольшей вероятностью определяют деформации уступов. После определения участков и схем вероятных деформационных процессов по положению бортов карьера и пространственной ориентации систем трещин относительно их решалась задача устойчивости. Так как помимо ориентирования трещин в массиве вероятность возникновения деформации оказывают влияние сцепление материала трещин, высота уступа, обводненность и, в некоторой степени, прочность пород, рассматриваемый участок.

В случае, если по результатам кинематического анализа был сделан вывод о возможности обрушения откоса уступа, то необходимо произвести расчет его устойчивости. Задача устойчивости уступов юго-западного, юго-восточного и северо-западного борта карьера решалась в трехмерной постановке по уравнению предельного равновесия с определением коэффициента запаса устойчивости породного блока, ограниченного трещинами [11,12].

Прочностные свойства контактов по плоскостям отрыва задавались по типу заполнителя, например, для юго-западного борта параметры взяты для кальцита, как имеющего самые низкие параметры прочности -  $C=7 \text{ т/м}^2$ ,  $\varphi=23^\circ$ , плотность пород равна  $\gamma=2,7 \text{ т/м}^3$ , техногенное воздействие учтено в виде коэффициента сейсмичности  $K_c=0.02$  (7 баллов) согласно СП 14.13330.2014 [1,13].

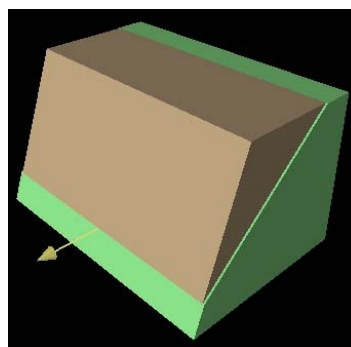
На основании исходных данных определяется оптимальная конструкция уступов в зависимости от задачи может быть получен фактический коэффициент запаса устойчивости (КЗУ), предельная высота или предельный угол откоса при нормативном КЗУ. Расчетные схемы, в зависимости от механизма деформирования откоса, могут быть с образованием призматических и клиновидных вывалов и опрокидывания (см. таблицу 1) [5,6].

На рисунке 2 представлен пример расчетов устойчивости потенциального блока обрушения. Так как по результатам кинематического анализа, в проектируемой конструкции карьера системы трещин ЮЗ борта не образуют деформаций, приводящих к нарушению устойчивости уступов до горизонта минус 30 м, на рисунке 2 приведены расчеты для уступа 7 (абс. отм. – 30/-50).



а) потенциальный блок обрушения типа «клин» на 7 уступе ЮЗ борта

*Схема деформирования: Две плоскости ослабления, падающие навстречу друг другу, линия сопряжения которых падает в сторону карьерной выемки под углом  $40^\circ$  (стрелкой указано направление движения породного блока)*



б) потенциальный блок плоскостного обрушения на 7 уступе ЮЗ борта

*Схема деформирования: трещины ориентированы субпараллельно простиранию откоса и падают в сторону выемки под углами  $42^\circ$ , при подрезке таких слоев возможно обрушение уступа по поверхности трещин (стрелкой указано направление движения породного блока)*

Рисунок 2 – Прогнозируемая схема деформирования 7 уступа по клиновидному и плоскостному обрушению ЮЗ борта

В таблице представлены наиболее значимые результаты кинематического анализа и расчетов устойчивости уступов Куржункульского карьера. В таблице не приведены результаты расчетов с более высокими коэффициентами, а также области, для которых наличие структурных нарушений в виде трещин не влияют на устойчивость.

## Результаты кинематического анализа вероятностных схем обрушения откосов уступов Куржункульского карьера

№ уступа	абс. отм, м	Угол откоса уступа, град	Схема деформирования уступа	% критических пересечений	Залегание систем трещин, вызывающих обрушения (азимут падения\угол падения)		Результаты анализа устойчивости уступа		
							КЗУ уступа, min	Прогнозируемая масса обрушенной породы, т	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ЮЗ борт (8 скв)	115/110	60	Planar	1,94	V (63\50)		2,43		
			Wedge	4,87	V (63\50)	IV'(159\44)	3,99		
	100/70	60	Planar	3,85	V (62\56)		2,77		
			Wedge	11,23	V (62\56)	IV'(123\48)	2,8		
	40/10	73	Wedge	17,33	II(161\73)	III(27\75)	3,15		
			Planar	3,87	V(89\41)		<b>1,29</b>	219,7	
	10/-20	70	Wedge	15,37	V (89\42)	II(162\70)	2,15		
			Planar	5,04	V (64\42)		<b>1,25</b>	231,4	
	-20/-50	70	Wedge	24,86	V (65\43)		1,76	8922,5	
			Planar	5,5	IV (334\37)		1,49	179,4	
ЮВ борт (4 скв)	40/10	70	Wedge	19,55	IV (346\43)	III(71\80)	1,91	3349,0	
			Planar	23,74	IV (323\40)		1,06	303,9	
	10/-20	70	Wedge	32,15	IV (325\48)	III '(22\74)	2,10	12108,1	
			Planar	14,93	IV (311\45)		1,13	153,7	
	-20/-50	70	Wedge	40,87	IV (336\40)	II'(311\73)	1,51	6999,2	
			Planar	29,49	IV (324\43)		1,21	243,9	
	-50/-80	70	Wedge	49,54	V'(276\41)	II'(336\67)	1,07	6537,2	
			Planar	28,35	IV (301\47)		<b>1,06</b>	303,9	
	-80/-110	70	Wedge	42,31	IV (323\41)	IV (311\38)	<b>1,12</b>	19193,6	
			Planar	13,95	IV (336\40)		1,34	205,56	
	-110/-140	70	Wedge	25,9	IV (336\40)	III(71\80)	2,10	3968	
			Planar	16,93	одиночные трещины		2,84	149,2	
	СЗ борт (10 скв)	100/85	60	Planar	16,93	одиночные трещины		2,84	149,2

По результатам кинематического анализа ЮВ борта карьера (таблица) установлены возможности обрушения уступов типа «клин» на 5-11 уступах, где процент критических пересечений систем трещин достигает 50% и плоскостных обрушений на 6-11 уступах, где процент критических пересечений систем трещин достигает 30%. Также при расчете устойчивости для выделенных уступов полученные коэффициенты запаса устойчивости близки к минимальным нормативным требованиям.

Так как ЮВ борт представляет лежащий бок месторождения, здесь могут наблюдаться локальные деформации по готовым поверхностям скольжения (контакты между известняками и порфиритами) (рисунок 3). В связи с этим было принято решение изменить проектные параметры уступов на абс. отметках (-80) – (-140) при постановке борта карьера в конечное положение. Рекомендуемые конструктивные параметры 9 и 10 уступов ЮВ борта равны: угол откоса уступа 70° при ширине бермы 10,5 м и высоте уступа 30 м [1].

На рисунке 4 представлено расположение скважин и областей при конечном контуре карьера, для которых актуальны полученные результаты кинематического анализа.

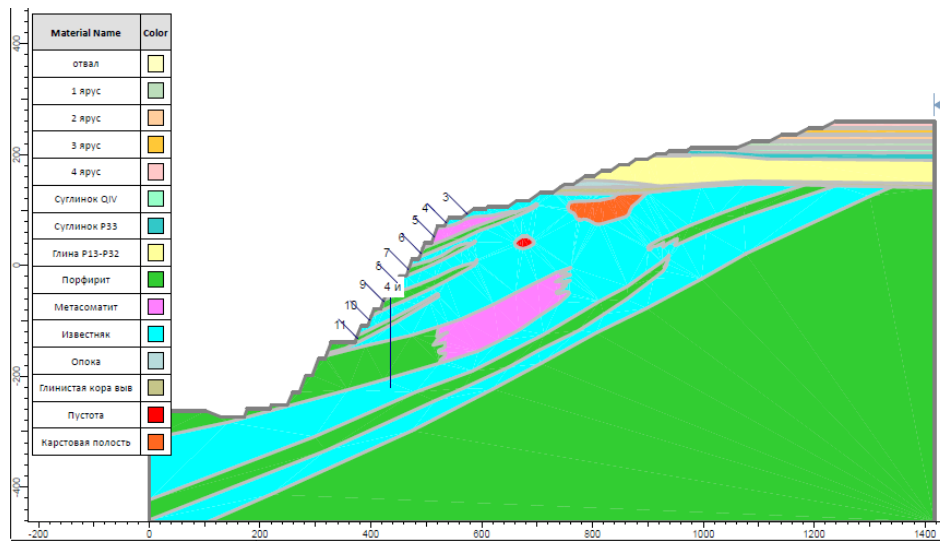


Рисунок 3 – Геологический разрез по ЮВ профилю с нанесенным проектным контуром

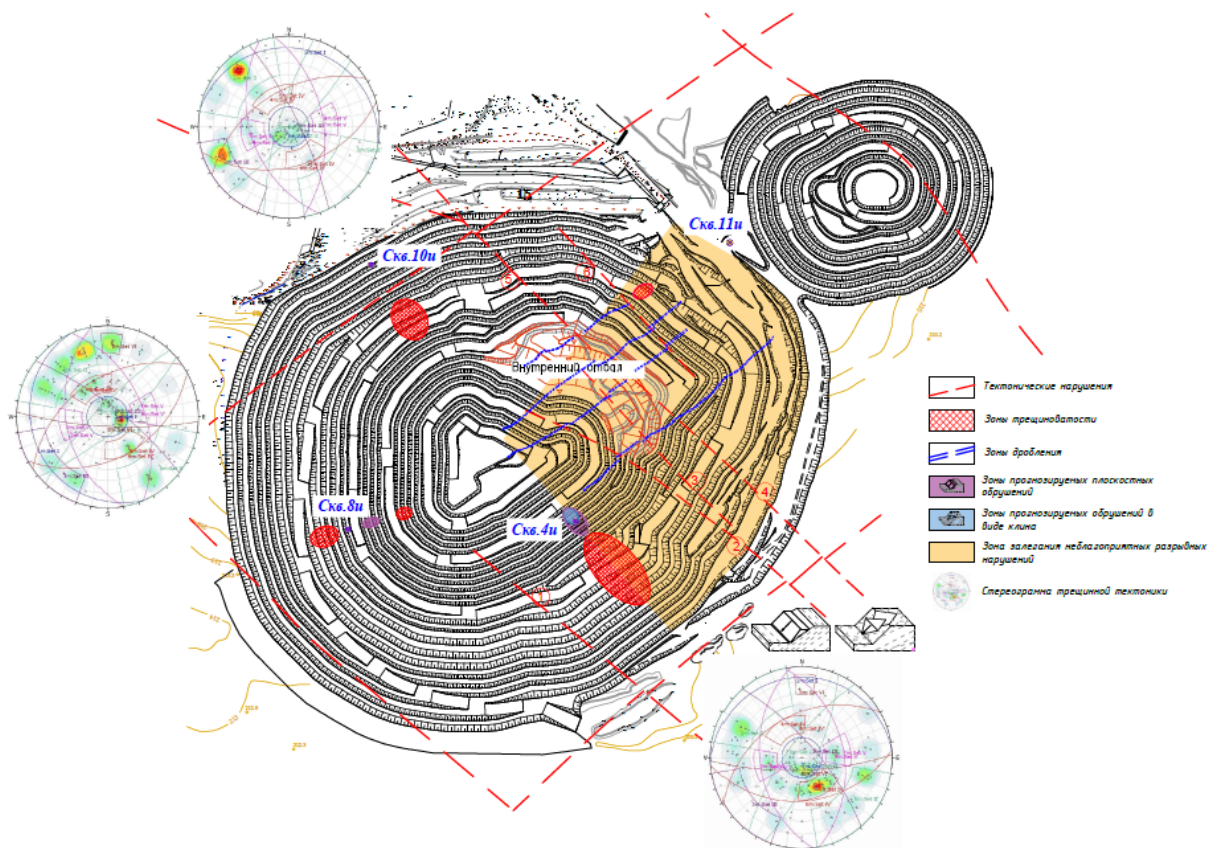


Рисунок 4 – Инженерно-структурное районирование карьерного поля Куржункульского карьера

**Заключение.** Проведение геолого-структурного районирования карьерного пространства по данной методике позволяет провести анализ удерживающей способности предохранительных берм для контроля выявленных обрушений, выделить уступы, которые необходимо привести в безопасное состояние с определением их устойчивых параметров и рекомендовать варианты оптимизации проектного профиля.

Зоны повышенного риска для клиновидных и плоскостных обрушений, вызванные системами трещин, параметры залегания которых относительно конечного контура карьера могут представлять опасность для устойчивости группы уступов:

а) в ЮВ части карьера в пределах горизонтов (- 50) – (-110) м системы наклонных и крутопадающих тектонических трещин Set IV, Set II' и Set V' будут способствовать возникновению плоскостных и комбинированных обрушений при постановке нижних 9 и 10 уступов в конечный контур;

б) в ЮЗ части карьера возможны отдельные вывалы в пределах горизонтов 10 – (-50) м на 6 и 7 уступах.

Статья написана в рамках грантового финансирования по проекту №АР08053358 «Управление горным массивом для обеспечения безопасной отработки месторождения на основе комплексной геомеханической модели».

**С. А. Съедина, Г. Б. Әбдікәрімова, А. А. Алтаева, Н. Д. Рахимов**

«Д. А. Қонаев атындағы Тау-кен институты» «ҚР МШКҚӨЖ ҰО» РМК, Алматы, Қазақстан

### **КАРЬЕР КЕМЕРЛЕРІНІҢ ЖОБАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН АЙҚЫНДАУ КЕЗІНДЕ КИНЕМАТИКАЛЫҚ ОРНЫҚТЫЛЫҚТЫ ТАЛДАУДЫ ҚОЛДАНУ**

**Аннотация.** Жартасты және жартылай тасты жыныс карьерлерінің тұрақтылығын анықтайтын негізгі фактор геологиялық-құрылымдық болып саналады, өйткені белгілі бір конфигурацияның ықтимал құлау призмалары мен шұңқыр беті арасындағы кеңістіктік байланысы бар түрлі бағдарланған жарық арқылы қалыптасады. Жекелеген кемердің жоспарлы, сына тәрізді және төңкеріліп құлауын бағалау ашық карьер қабырғаларының бағдарлануына қатысты ашық карьердің зерттелген учаскесінің жыныс массасында анықталған құрылымдық бұзылыс параметрлерін талдау арқылы жүзеге асырылады.

Мақалада Қоржынкөл карьерінің негізінде кемерлердің оңтайлы параметрлерінің кинематикалық тұрақтылығын талдау нәтижелері келтірілген, олардың тұрақтылығы шекті контурда. Карьердің тау жыныстарының тұрақтылық параметрлерін анықтауға арналған әрекеттер тізбегі ұсынылады. Жарық жүйелеріне сүйене отырып кинематикалық талдау жүргізу, қырларындағы еңістің ықтимал бұзылу заңдылықтарын анықтауға және тұрақтылығының жобалық схемаларын таңдауға, олардың оңтайлы параметрлерін негіздеуге және оларды тұрақтандыру туралы шешім қабылдауға мүмкіндік береді.

Осы әдісті қолдана отырып, карьер кеңістігін геологиялық және құрылымдық аудандастыру анықталған опырылу жағдайын бақылауға, олардың тұрақты параметрлерін анықтай отырып, қауіпсіз күйге келтіруі қажет орындықтарды анықтауға және жобалық профильді оңтайландыру нұсқаларын ұсынуға арналған қауіпсіздік белдемдерінің ұстау қабілеттілігін талдауға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** карьер, кертпештер орнықтылығы, кинематикалық талдау, жарықшақтар жүйесі, деформациялар, массивтің жарықтығы.

**S. A. Sedina, G. B. Abdikarimova, A. A. Altayeva, N. D. Rakhimov**

Branch of the Republican State Enterprise «National center for complex processing of mineral raw materials of the Republic of Kazakhstan» D.A. Kunayev Mining Institute, Almaty, Kazakhstan

### **APPLICATION OF KINEMATIC STABILITY ANALYSIS IN DETERMINING RATIONAL DESIGN PARAMETERS OF CAREER STEPS**

**Abstract.** The main factor that determines the stability of the pit benches in rocky and semi-rocky rocks is geological and structural since potential collapse prisms of a particular configuration are formed by differently oriented ruptured faults (cracks) with certain spatial relationships between themselves and the pit surface. Evaluation of possible planar, wedge-shaped, and overturning collapses of individual benches is carried out by analyzing the parameters of structural disturbances identified within the rock mass of the studied section of the open pit relative to the orientation of open pit edges.

The article presents the results of the analysis of the kinematic stability of the optimal parameters of the benches on the example of the Kurzhunkul open pit, which ensures their stability on the limiting contour. A sequence of actions is proposed for determining the stability parameters of rock benches in a quarry. Performing a kinematic analysis based on the identified systems of cracks allows us to determine the probable failure patterns of the slopes of the benches and select the calculation schemes for their stability to substantiate their optimal parameters and make decisions on their stabilization.

Geological and structural zoning of the quarry space according to this method allows analyzing the holding capacity of safety berms to control detected collapses, to highlight benches that need to be brought into a safe state with the determination of their stable parameters, and to recommend options for optimizing the design profile.

**Key words:** pit, bench stability, kinematic analysis, systems of fractures, deformations, massif jointing.

#### **Information about the authors:**

Sedina S.A., PhD, research assistant of Laboratory "Control of Geomechanical Processes" D.A. Kunayev Institute of mining, Almaty, Kazakhstan; ssa2704@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0664-9057>

Abdikarimova G.B., junior research assistant of Laboratory "Control of Geomechanical Processes" D.A. Kunayev Institute of mining, Almaty, Kazakhstan; abdykarimovagulnur@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0767-7538>

Altayeva A.A., junior research assistant of Laboratory "Rock pressure laboratory" D.A. Kunayev Institute of mining, Almaty, Kazakhstan; a.aselya\_92@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1675-6828>

Rakhimov N.D., junior research assistant of Laboratory "Control of Geomechanical Processes" D.A. Kunayev Institute of mining, Almaty, Kazakhstan; nurik.igd@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9442-6568>

#### **ЛИТЕРАТУРА**

[1] Бердинова Н.О., Съедина С. А., Шамганова Л. С., Калюжный Е. С. Прогнозирование деформаций уступов скального массива Куржункульского карьера с использованием кинематического анализа. ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень. М., 2020, № 4.

[2] Жиров Д.В., Мелихова Г.С., Рыбин В.В., Сохарев В.А., Климов С.А. Особенности инженерно-геологического изучения массивов скальных пород в целях проектирования глубоких карьеров на примере Ковдорского месторождения магнетитовых и апатитовых руд. Часть 1 // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2016. № 24. С. 15-25.

[3] Жиров Д.В., Мелихова Г.С., Рыбин В.В., Сохарев В.А., Климов С.А. Особенности инженерно-геологического изучения массивов скальных пород в целях проектирования глубоких карьеров на примере Ковдорского месторождения магнетитовых и апатитовых руд. Часть 2 // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2016. № 25. С. 19-29.

[4] Бушков В. К. Применительная практика кинематического анализа устойчивости при обосновании параметров основных конструктивных элементов борта карьера // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2018. - № 10. - С. 30–42. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-10-0-30-42.

[5] Read J., Stacey P. Guidelines for open pit slope design. Australia : CSIRO, 2009. 496 p.

[6] Чернышев С.Н. Трещины горных пород / С.Н. Чернышев. - М.: Наука, 1983. - 240 с.

[7] Obregon C., Mitri H. Probabilistic approach for open pit bench slope stability analysis – A mine case study // International Journal of Mining Science and Technology Volume 29, Issue 4. – 2019. - P. 629-640.

[8] Xiao S., Gao Y. T., Wu S. C., Liu B., Tian Q. M. Kinematic analysis of slope failure modes based on stereographic projection // Progress in Civil, Architectural and Hydraulic Engineering IV. – 2016. – Pp. 313 – 317. ISBN 978-1-138-02916-3.

[9] Bawa H. E., Yendaw J. A., Kansake B. A., Bansah K. J. Rockmass characterization for open pit slope design using kinematic analysis // 51st U.S. Rock Mechanics/Geomechanics Symposium, 25-28 June, San Francisco, California, USA. – 2017. – P. 6.

[10] Lephatoe M. N., Hingston E. D. C., Ferentinou M., Ltfu N. Kinematic analysis of the western pitwall of the main pit at the Letseng Daimond mine, Lesotho // Rock Engineering and Rock Mechanics: Structures in and on Rock Masses. – 2014. – P. 613 – 618.

[11] Немова Н.А., Бельш Т.А. Геомеханическая оценка параметров устойчивости откосов бортов и уступов при обработке месторождения апатит-нефелиновых руд "Олений ручей" // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. Т.330. – №11. – С. 109 - 120.

[12] Soren K., Budi G., Sen P. Stability analysis of open pit slope by finite difference method // International Journal of Research in Engineering and Technology. 2014. Vol. 3. Iss. 5. P. 326–334.

[13] СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования». Москва, 2014

## REFERENCES

- [1] Berdinova N.O., Sedina S.A., Shamganova L.S., Kalyuzhny E.S. Prediction of strains in strong rock mass of the Kurzhunkul open pit mine by the kinematic analysis. *MIAB // Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2020; (4): 58-68.
- [2] Zhirov D.V., Melikhova G.S., Rybin V.V., Sokharev V.A., Klimov S.A. Peculiarities of geotechnical study of rock massifs for the purpose of designing deep quarries on the example of the Kovdor deposit of magnetite and apatite ores. Part 1 // *Bulletin of the Kolsky Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2016. N 24. P. 15-25.
- [3] Zhirov D.V., Melikhova G.S., Rybin V.V., Sokharev V.A., Klimov S.A. Peculiarities of geotechnical study of rock massifs for the purpose of designing deep quarries on the example of the Kovdor deposit of magnetite and apatite ores. Part 2 // *Bulletin of the Kolsky Science Center RAS*. 2016. N 25. P. 19-29.
- [4] Bushkov V.K. Applied practice of kinematic analysis of stability in the substantiation of the parameters of the main structural elements of the pit side // *Mining informational and analytical bulletin*. 2018. N 10. P. 30-42. DOI: 10.25018 / 0236-1493-2018-10-0-30-42.
- [5] Read J., Stacey P. *Guidelines for open pit slope design*. Australia: CSIRO, 2009. 496 p.
- [6] Chernyshev S.N. *Joints of rocks* / Chernyshev S.N. M.: Science, 1983. 240 p.
- [7] Obregon C., Mitri H. Probabilistic approach for open pit bench slope stability analysis – A mine case study // *International Journal of Mining Science and Technology*. Vol. 29, Issue 4. 2019. P. 629-640.
- [8] Xiao S., Gao Y. T., Wu S. C., Liu B., Tian Q. M. Kinematic analysis of slope failure modes based on stereographic projection // *Progress in Civil, Architectural and Hydraulic Engineering IV*. 2016. P. 313-317. ISBN 978-1-138-02916-3.
- [9] Bawa H.E., Yendaw J.A., Kansake B.A., Bansah K.J. Rockmass characterization for open pit slope design using kinematic analysis // *51st U.S. Rock Mechanics / Geomechanics Symposium*, 25-28 June, San Francisco, California, USA. 2017. 6 p.
- [10] Lephatsoe M. N., Hingston E. D. C., Ferentinou M., Ltfu N. Kinematic analysis of the western pitwall of the main pit at the Letseng Diamond mine, Lesotho // *Rock Engineering and Rock Mechanics: Structures in and on Rock Masses*. 2014. P. 613-618.
- [11] Nemova N.A., Belsh T.A. Geomechanical assessment of the stability parameters of the slopes of the sides and benches during the development of the "Oleniy Ruchey" apatite-nepheline ore deposit // *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources*. 2019. Vol. 330, N 11. P. 109 - 120.
- [12] Soren K., Budi G., Sen P. Stability analysis of open pit slope by finite difference method // *International Journal of Research in Engineering and Technology*. 2014. Vol. 3, Iss. 5. P. 326-334.
- [13] SP 14.13330.2014 "Construction in seismic regions. Design standards ". M., 2014

**Publication Ethics and Publication Malpractice  
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

**ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)**

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, А. Ахметова*  
Верстка *Д. А. Абдрахимовой*

Подписано в печать 01.02.2021.  
Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
12,75 п.л. Тираж 300. Заказ 1.