

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДРОБЛЕНИЯ РУДЫ ПРИ СКВАЖИННОЙ ОТБОЙКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ MICROMINE МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖОЛЫМБЕТ

А.Ә. Қазбек, Д.К. Ахметканов<sup>✉</sup>, Е.Х. Абен, С.С. Мырзахметов

Satbayev University, Алматы, Казахстан

<sup>✉</sup>Корреспондент-автор: d.akhmetkanov@satbayev.university

В ходе исследования, направленного на повышение качества дробления руды при скважинной отбойке с использованием программы Micromine, возникли некоторые вызовы, не зависящие от инженера по буровзрывным работам. В частности, отсутствовала литологическая блочная модель, необходимая для точного моделирования, которую геологическая служба не смогла предоставить. Также геомеханический отдел сообщил о невозможности составления блочной модели, а программное обеспечение ShotPlus не поддерживало формат, предложенный для создания модели. Для решения данных проблем изначально проводились исследования по оценке возможностей улучшения параметров дробления руды при скважинном бурении. В частности, исследование направлено на изучение эффективности программы Micromine в условиях отсутствия литологической блочной модели и невозможности использования ПО ShotPlus для создания геомеханической модели. В связи с этим было принято решение о предоставлении информации в письменной и графической формах после картирования. Несмотря на эти ограничения, использование программы Micromine позволило достичь улучшения параметров дробления руды.

Преимущества исследования включают оптимизацию сетки бурения и снижение объемов буровых работ, что подтверждает эффективность выбранного подхода. Однако следует критически рассмотреть и возможные недостатки, такие как ограниченность применения методов без полноценной литологической модели и несовместимость с другим программным обеспечением.

**Ключевые слова:** скважинное бурение, дробление руды, Micromine, геомеханическая модель, ShotPlus, литологическая блочная модель.

## ЖОЛЫМБЕТ КЕНОРНЫН MICROMINE БАҒДАРЛАМАСЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ҰНҒЫМАЛЫҚ УАТУ КЕЗІНДЕ КЕНДІ ҰСАҚТАУ САПАСЫН АРТТЫРУ

А.Ә. Қазбек, Д.К. Ахметканов<sup>✉</sup>, Е.Х. Абен, С.С. Мырзахметов

Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан,  
e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university

Зерттеу барысында Micromine бағдарламасын қолдану арқылы ұнғыма жарылыстарымен кенді ұсақтау сапасын арттыруға бағытталған жұмыстар жүргізілді. Бұл мақсатты жүзеге асыру барысында бұрғылау-жарылыс жұмыстары инженері тәуелсіз кейбір қиындықтарға тап болды. Атап айтқанда, геологиялық қызмет литологиялық блоктық модельді ұсына алмады, ал геомеханикалық бөлім блоктық модель құрастыру мүмкін емес деп мәлімдеді. Сонымен қатар, ShotPlus бағдарламалық жасақтамасы геомеханикалық бөлімнің ойластырған форматындағы блоктық модельді қолдамады, және ShotPlus өкілдері олардың бағдарламасы блоктық геомеханикалық модель үшін арналмағанын хабарлады. Бұл мәселелерді шешу үшін бастапқыда ұнғымалық бұрғылау кезінде кенді ұсақтау параметрлерін жақсарту мүмкіндіктерін бағалау бойынша зерттеулер жүргізілді. Атап айтқанда, зерттеу литологиялық блоктық модель болмаған жағдайда Micromine бағдарламасының тиімділігін және геомеханикалық модель жасау үшін ShotPlus қолданбасын пайдалану мүмкін етігін зерттеуге бағытталған. Қалыптасқан жағдайға байланысты геомеханикалық қызметтің ақпаратын карталаудан кейін жазбаша және графикалық түрде ұсыну туралы шешім қабылданды. Осы шектеулерге қарамастан, Micromine бағдарламасын қолдану кенді ұсақтау параметрлерін жақсартуға мүмкіндік берді, бұл технологияны қолданудың тиімділігін дәлелдейді.

---

Зерттеудің артықшылықтары бұрғылау торын онтайландыруды және таңдалған тәсілдің тиімділігін растайтын бұрғылау жұмыстарының көлемін азайтуды қамтиды. Дегенмен, толық литологиялық модельсіз әдістерді қолданудың шектелуі және басқа бағдарламалық құралмен үйлесімсіздік сияқты ықтимал кемшіліктерді де сыни тұрғыдан қарастыру керек.

**Түйін сөздер:** ұңғыма жарылыстары, кенді ұсақтау, Micromine, геомеханикалық модель, ShotPlus, литологиялық блоктық модель.

## IMPROVING THE QUALITY OF ORE CRUSHING DURING DOWNHOLE EXTRACTION USING THE MICROMINE PROGRAM OF THE ZHOLYMBET DEPOSIT

A. Kazybek, D. Akhmetkanov <sup>✉</sup>, E. Aben, S. Myrzakhmetov

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university

This study aimed to enhance ore fragmentation quality during blast hole drilling using the Micromine software. During the implementation of this goal, several challenges arose that were beyond the control of the drilling and blasting engineer. Specifically, the absence of a lithological block model from the geological department was a significant obstacle. Furthermore, the geomechanical department reported that creating a block model was not feasible, and the ShotPlus software did not support the format initially intended by the geomechanical team. ShotPlus representatives also confirmed that their software was not designed for geomechanical block modeling. To solve these problems, studies were initially conducted to assess the possibilities of improving ore crushing parameters during downhole drilling. In particular, the study is aimed at studying the effectiveness of the Micromine program in the absence of a lithological block model and the inability to use ShotPlus software to create a geomechanical model. Given this situation, it was decided to provide the geomechanical information in written and graphical forms after mapping. Despite these limitations, the use of Micromine software allowed for improvements in ore fragmentation parameters, confirming the effectiveness of this technology.

The advantages of the study include optimization of the drilling grid and reduction of drilling volumes, which confirms the effectiveness of the chosen approach. However, possible disadvantages should also be critically considered, such as the limited use of methods without a full-fledged lithological model and incompatibility with other software.

**Keywords:** blast hole drilling, ore fragmentation, Micromine, geomechanical model, ShotPlus, lithological block model.

**Введение.** В последние годы повышение эффективности дробления руды при скважинной отбойке стало ключевой задачей для горнодобывающих предприятий [1]. Это связано с необходимостью улучшения экономических показателей и повышения качества конечного продукта. Технологии моделирования, такие как программа Micromine, предлагают возможности для оптимизации параметров буровзрывных работ (БВР). На основе данной программы можно решать большой комплекс геологоразведочных задач, возникающих при проектировании горнорудных предприятий. Наиболее распространенными задачами являются статистический анализ геологической информации, автоматизация про-

цессов обработки и интерпретации данных геологической разведки [2,3]. Однако внедрение этих технологий сталкивается с рядом вызовов, включая отсутствие литологической блочной модели и ограничения в использовании программного обеспечения, предназначенного для создания геомеханических моделей [4,5].

**Материалы и методы.** Основной целью данного исследования является оценка возможностей улучшения параметров дробления руды при скважинном бурении, несмотря на существующие ограничения.

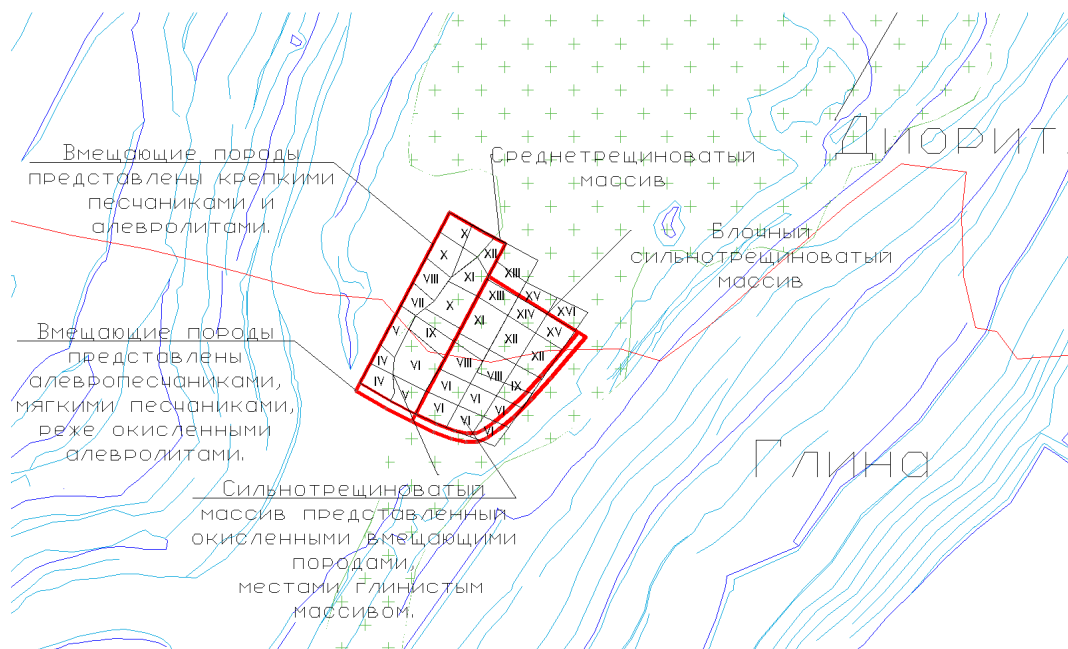
В рамках данного исследования использовались следующие методы и инструменты:

1. Программное обеспечение: Основным инструментом для моделирования и анализа данных стала программа Micromine. Micromine — это интегрированное программное обеспечение для геологического и горнодобывающего моделирования, которое предоставляет инструменты для анализа и визуализации геологических данных, проектирования рудников и оптимизации процессов добычи. Сочетание геологического моделирования с технологиями оптимизации делает Micromine мощным инструментом для повышения эффективности подземных выемочных добычных единиц [6,7]. Данная программа позволяет выполнять моделирование без необходимости использования литологической блочной модели.

2. Процесс работы: Для моделирования и оптимизации параметров буровзрывных работ

была использована информация, полученная в результате картирования и последующего анализа геомеханических данных. Поскольку отсутствовала возможность создания полноценной блочной модели, информация была предоставлена в письменной и графической формах, что позволило корректировать параметры на основе фактических данных [8].

3. Экспериментальные параметры: В процессе работы были произведены расчеты линии наименьшего сопротивления для блока 270\_007, на основании которых была разработана экспериментальная сетка бурения. Также были учтены данные по отклонению фактических расположенных пробуренных скважин, что позволило провести корректировки в проектировании (рисунок 1,2,3).



**Рис. 1 – Повышение уровня выполнения БВР и использование геотехнической блочной модели (при составлении БВР) для улучшения параметров карьера проекта Жолымбет**

Одной из важнейших характеристик взрывных работ является расчетный удельный расход ВВ, который зависит от свойств горной породы.

Для любой породы по категории трещиноватости и коэффициенту крепости  $f$  расчетный удельный расход ( $q_p$ , кг/м<sup>3</sup>) ВВ для зарядов рыхления при диаметре заряда определяется по формуле [9]:

$$q_p = q_{э} \cdot e \cdot k_d \cdot \rho / 2600, \text{ кг/м}^3 \quad (1)$$

где  $q_{э}$  - эталонный расход граммонита 79/21

при кондиционном размере кусков 500 мм, кг/м<sup>3</sup> (таблица 1);

$e$  - коэффициент работоспособности ВВ (таблица 2). Для упругих типов

$ВВ \ e = 4316/Q$ , где  $Q$  – удельная энергия применяемого ВВ, Дж/кг;

$k_d$  - поправочный коэффициент на допустимый размер куска (таблица 3);

$\rho$  - плотность породы, кг/м<sup>3</sup>.

**Таблица 1 - Эталонный расход ВВ при крепости породы**

Эталонный расход граммонита 79/21 для кондиционного куска 0,5 м Категория трещиноватости породы	Эталонный расход ВВ при крепости породы $f$ , кг/м <sup>3</sup>		
	2 ÷ 5	6 ÷ 10	11 ÷ 20
I	< 0,3	< 0,35	< 0,45
II	0,4	0,5	0,6
III	0,65	0,75	0,9
IV	0,85	1	1,2
V	1	1,2	1,4

**Таблица 2 - коэффициент работоспособности ВВ**

Значение поправочного коэффициента $e$ для различных ВВ	$e$	ВВ	$e$
Акватол М-15	0,76	Акватол МГ	0,93
Граммонал А-45	0,79	Акватол АВМ	0,95
Карбатол ГЛ-10В	0,79	Гранулит АС-4 (АС-4В)	0,98
Граммонал А-8	0,80	Аммонит № 6ЖВ	1,00
Аммонит скальный N1	0,80	Граммонит 79/21	1,00
Аммонал скальный N3	0,80	Ифзанит Т-80	1,08
Детонит М	0,82	Граммонал А-50	1,10
Алюмотол	0,83	Ифзанит Т-60	1,10
Гранулит АС-8 (АС-8В)	0,89	Гранулит М	1,13
Аммонал водостойчивый	0,90	Игданит	1,13
		Гранулотол	1,20

Таблица 3 - поправочный коэффициент на допустимый размер куска

Поправочный коэффициент на допустимый размер куска (dmax) Допустимый размер куска dmax, м	0,250	0,500	0,750	1,0	1,25	1,5
kd	1,3	1,0	0,85	0,75	0,7	0,65

1. Удельный расход при крепости 10-12 и средней трещиноватости массива.

$$qp = 0,9 * 1,2 * 1,0 * \frac{2710}{2600} = 1,125/3$$

2. Удельный расход при крепости 8-10 и средней трещиноватости массива.

$$qp = 0,75 * 1,2 * 1,0 * \frac{2520}{2600} = 0,8723/3$$

3. Удельный расход при крепости 5-8 и сильной трещиноватости массива.

$$qp = 0,5 * 1,2 * 1,0 * \frac{2520}{2600} = 0,58/3$$

По выбранным значениям диаметра заряда (dз), расчетного удельного расхода ВВ вычисляются параметры скважинных зарядов.

1. Вместимость 1 м скважины рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot \Delta,$$

где  $\Delta$  - плотность ВВ в скважине, кг/м<sup>3</sup>.

$$P = 3,14 * 0,13 * 0,13 * 850 / 4 = 11,28 \text{ кг/м}^3$$

2. Предельная линия сопротивления по подошве уступа  $W_n$  определяется по формулам:

$$W_n = 0,9 \sqrt{\frac{P}{qp}}, W_n = 24d \sqrt{\frac{\Delta}{qp}}$$

2.1 Предельная линия сопротивления по подошве уступа  $W_n$  при крепости 10-12 и средней трещиноватости массива

$$W_n = 0,9 \sqrt{\frac{11,28}{1,125}} = 2,85$$

2.2 Предельная линия сопротивления по подошве уступа  $W_n$  при крепости 8-10 и средней трещиноватости массива

$$W_n = 0,9 \sqrt{\frac{11,28}{0,8723}} = 3,24$$

2.3 Предельная линия сопротивления по подошве уступа  $W_n$  при крепости 5-8 и сильной трещиноватости массива

$$W_n = 0,9 \sqrt{\frac{11,28}{0,58}} = 5,79$$

3. В зависимости от величины  $W_n$  определяется расстояние между скважинами в ряду между парами парносближенных скважин первого ряда а (м) и между рядами скважин b (м):

$$a = mW_n, b = (0,8 \div 1)W_n,$$

где  $m = 0,8 \div 1,1$  для вертикальных скважин;

$m = 0,9 \div 1,3$  для наклонных скважин.

Для данного блока принимаются следующие расстояния между скважинами в ряду:

$$a = 3,3 \text{ м}$$

$$a = 3,6 \text{ м}$$

$$a = 3,8 \text{ м}$$

$$a = 4,0 \text{ м}$$

Расстояния между рядами скважин:

$$b = 2,7 \text{ м}$$

$$b = 3,0 \text{ м}$$

При применении в первом ряду парносближенных скважин расстояние между скважинами во втором и последующих рядах и между рядами скважин определяют в зависимости от  $W_n$  вычисленной для условий одиночной скважины.

Получив все параметры БВР расчетным методом, далее проектируем в Micromine проект на бурение блока (таблица 4). Так же продемонстрировано отклонение фактических расположений пробуренных скважин [10,11,12]



Таблица 4 – Сравнительная таблица результатов проведенных буровзрывных работ

Наименование	Ед. изм.	Проект стандартный, без использование геотехнических данных	Использование геотехнических данных	Разница +/-
Общее количество скважин	шт	116	97	-19
Количество рядов скважин	шт	19	19	
Диаметр скважин	мм	130	130	
Средняя глубина скважин	м	5,4	5,4	
Величина перебура	м	0,5;0,0	0,5;0,0	
Сетка скважин	м x м	2,7×3,3	4×3; 3,8×3; 3,6×3; 3,3×2,7	
Объем буровых работ	п.м.	628,6	526,2	-102,4
Объем горной массы	м <sup>3</sup>	4691	4691	
Выход горной массы	п.м./скв.	7,4	8,9	1,5
Угол наклона скважин	град.	-90	-90	



Рис. 4 – Качество взрыва на визуальный осмотр

**Результаты и обсуждение.** Результаты исследования показали, что использование программы Micromine позволило значительно улучшить параметры дробления руды. В частности, экспериментальный блок 270\_007 продемонстрировал успешные результаты, которые были достигнуты благодаря корректировке параметров БВР на основе расчетов линии наименьшего сопротивления. Сравнение с результатами, полученными без использования геотехнических данных, показало следующие изменения:

- Общее количество скважин уменьшилось на 19 единиц.
- Объем буровых работ сократился на 102,4 п.м., что указывает на повышение эффективности использования ресурсов.
- Выход горной массы на одну скважину

увеличился на 1,5 п.м./скв., что свидетельствует о более эффективном дроблении руды.

Таким образом, использование программы Micromine способствовало улучшению основных параметров буровзрывных работ, несмотря на отсутствие полноценной блочной модели (рисунок 4).

Четко видно границу литологии, так же отсутствуют некондиционные куски горной массы в частях блока, где применялась расширенная сетка бурения.

Преимущества исследования включают оптимизацию сетки бурения и снижение объемов буровых работ, что подтверждает эффективность выбранного подхода. Однако следует критически рассмотреть и возможные недостатки, такие как ограниченность применения методов без полно-

---

ценной литологической модели и несовместимость с другим ПО, что могло повлиять на точность моделирования.

**Выводы.** В ходе исследования была продемонстрирована эффективность программы Micromine в улучшении параметров дробления руды при скважинном бурении. Несмотря на отсутствие литологической блочной модели и несовместимость с ShotPlus, Micromine

позволила разработать альтернативный подход к буровзрывным работам. Оптимизация сетки бурения и расчеты линии наименьшего сопротивления способствовали снижению количества скважин и объема буровых работ, повышая общую эффективность. Программа также учитывала геомеханические и геологические особенности, что улучшило стабильность подачи материала и соответствие экологическим нормам.

## Литература

1. Malanchuk Z.R., Fedotenko V.S., E. Aben, Orynbaev B.A. Improving efficiency of rock breaking using pre-weakening of rock mass//Eurasian Mining.- 2023.-Vol.40(2).-P. 62-65 DOI 10.17580/em.2023.02.13
2. Мельниченко И.А., Кожухов А.А., Омельченко Д.Р., Мосейкин В.В. Построение трехмерной модели месторождения с использованием принципов блочного моделирования и искусственных нейронных сетей// Горный информационно-аналитический бюллетень.-2022.-№ 10.-С.5-19. DOI 10.25018/0236\_1493\_2022\_10\_0\_5
3. Федорова С.В., Кожевников Д.Н. Информационные технологии в горном деле //XXI ВЕК. Техносферная безопасность.-2024.- №9(3).- С.216-224. DOI 10.21285/2500-1582-2024-9-3-216-224
4. Modis, K., Valakas, G., & Sideri, D. (2023). Geostatistics and Ore Reserves Estimation [Undergraduate textbook]. Kallipos, Open Academic Editions. DOI10.57713/kallipos-203
5. Wellmann, Florian & Caumon, Guillaume. (2018). Chapter One-3-D Structural geological models: Concepts, methods, and uncertainties//Advances in Geophysics.-2018.-Vol. 59. - P. 1-121. DOI 10.1016/bs.agph.2018.09.001
6. Лесонен М. В., Сень М. С. Использование блочной модели для технико-экономической оценки месторождений ТПИ (на примере открытого способа отработки) // Экономика. -2010. - С. 85–86.
7. Шульга Е.С. Чем порадует 2018 год пользователей программы Micromine // Золото и технологии. -2017. - № 4 (38).- С. 50–53.
8. Д.К. Ахметканов, Л.Е. Тянь, Е.Х. Абен, М. Елузах Оптимизация численности и качественных характеристик подземного выемочного оборудования с применением программного обеспечения Micromine //Вестник Казахский университет технологии и бизнеса. -Астана, 2024, - №2(23). -С. 420-428. DOI 10.58805/kazutb.v.2.23-319
9. Вохмин С.А., Курчин Г.С., Кирсанов А.К., Шкаруба Н.А. Расчет параметров буровзрывных работ при строительстве подземных горных выработок. Монография. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. -180 с. ISBN: 978-5-7638-4481-8
10. Разработка методики проектирования буровзрывных работ на открытых горных выработках с применением ГГИС Micromine. URL: <https://www.micromine.kz/2023-5-release/>
11. Катанов И.Б., Сысоев А.А. Буровзрывные работы на карьерах. Учебное пособие. Издательство: Инфра-Инженерия, 2021. -208 с. ISBN: 978-5-9729-0757-1 URL:<https://www.labyrinth.ru/books/807059/>
12. Игбаев Т.М., Ахметканов Д.К. Разрушение крепких пород зарядом взрывчатого вещества каркасно-ступенчатого действия // Вестник Казахский университет технологии и бизнеса.-2024.-№1(22).- С.



286-292. DOI 10.58805/kazutb.v.1.22-286

### References

1. Malanchuk Z.R., Fedotenko V.S., E. Aben, Orynbaev B.A. Improving efficiency of rock breaking using pre-weakening of rock mass//Eurasian Mining.- 2023.-Vol.40(2).-P. 62-65  
DOI 10.17580/em.2023.02.13
2. Mel' nichenko I.A., Kozhuhov A.A., Omel' chenko D.R., Mosejkin V.V. Postroenie trehmernoj modeli mestorozhdenija s ispol' zovaniem principov blochnogo modelirovaniya i iskusstvennyh nejronnyh setej// Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'.-2022.-№ 10.-S.5-19.  
DOI 10.25018/0236\_1493\_2022\_10\_0\_5. [in Russian]
3. Fedorova S.V., Kozhevnikov D.N. Informacionnye tehnologii v gornom dele //XXI VEK. Tehnosfernaja bezopasnost'.-2024.- №9(3).- S.216-224.  
DOI 10.21285/2500-1582-2024-9-3-216-224. [in Russian]
4. Modis, K., Valakas, G., & Sideri, D. (2023). Geostatistics and Ore Reserves Estimation [Undergraduate textbook]. Kallipos, Open Academic Editions. DOI10.57713/kallipos-203
5. Wellmann, Florian & Caumon, Guillaume. (2018). Chapter One-3-D Structural geological models: Concepts, methods, and uncertainties//Advances in Geophysics.-2018. -Vol. 59. - P. 1-121.  
DOI 10.1016/bs.agph.2018.09.001
6. Lesonen M. V., Sen' M. S. Ispol' zovanie blochnoj modeli dlja tehniko-jekonomicheskoy ocenki mestorozhdenij TPI (na primere otkrytogo sposoba otrabotki) // Jekonomika. -2010. - S. 85–86. [in Russian]
7. Shul' ga E.S. Chem poraduet 2018 god pol' zovatelej programmy Micromine // Zoloto i tehnologii. -2017. - № 4 (38).- S. 50–53. [in Russian]
8. D.K. Ahmetkanov, L.E. Tjan, E.H. Aben, M. Eluzah Optimizacija chislenosti i kachestvennyh harakteristik podzemnogo vyemochного oborudovaniya s primeneniem programmного obespechenija Micromine //Vestnik Kazahskij universitet tehnologii i biznesa. -Astana, 2024, - №2(23). -S. 420-428.  
DOI 10.58805/kazutb.v.2.23-319. [in Russian]
9. Vohmin S.A., Kurchin G.S., Kirsanov A.K., Shkaruba N.A. Raschjot parametrov burovzryvnyh rabot pri stroitel' stve podzemnyh gornyh vyrabotok. Monografija. - Krasnojarsk: Sibirskij federal' nyj universitet, 2022. -180 s. ISBN: 978-5-7638-4481-8. [in Russian]
10. Razrabotka metodiki proektirovaniya burovzryvnyh rabot na otkrytyh gornyh vyrabotkah s primeneniem GIS Micromine. URL: <https://www.micromine.kz/2023-5-release/>[in Russian]
11. Katanov I.B., Sysoev A.A. Burovzryvnye raboty na kar' erah. Uchebnoe posobie. Izdatel' stvo: Infra-Inzhenerija, 2021. -208 s. ISBN: 978-5-9729-0757-1. URL: <https://www.labyrinth.ru/books/807059/>. [in Russian]
12. Igbaev T.M., Ahmetkanov D.K. Razrushenie krepkih porod zarjadom vzryvchatogo veshhestva karkasno-stupenchatogo dejstvija // Vestnik Kazahskij universitet tehnologii i biznesa.-2024.-№1(22).- S. 286-292.  
DOI 10.58805/kazutb.v.1.22-286. [in Russian]

#### *Сведения об авторах*

Қазбек А.Ә. – магистрант Satbayev University, г.Алматы, Казахстан, e-mail: Abulaikhan93@mail.ru;

Ахметканов Д.К. – канд.техн.наук, ассоциированный профессор, Satbayev University, г.Алматы, Казахстан, e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university;

Абен Е.Х. - канд.техн.наук, ассоциированный профессор, Satbayev University, г.Алматы, Казахстан, e-mail: y.aben@satbayev.university;

---

Мырзахметов С.С. - канд.техн.наук, ассоциированный профессор, Satbayev University, г.Алматы, Казахстан, e-mail: s.myrzakhmetov@satbayev.university.

***Information about the authors***

Kazybek A. – undergraduate student Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Abulaikhan93@mail.ru;

Akhmetkanov D. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university;

Aben Y. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: y.aben@satbayev.university;

Myrzakhmetov S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: s.myrzakhmetov@satbayev.university.