

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.129.39>

ВАРИАНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ГОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИЗВЕСТНЯКА ВБЛИЗИ СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Научная статья

Пташник Ю.П.^{1,*}, Косолапов А.И.², Пташник А.И.³

¹ORCID : 0000-0001-8495-4909;

²ORCID : 0000-0002-8251-9679;

³ORCID : 0000-0002-7443-2717;

^{1,2}Сибирский федеральный университет, Красноярск, Российская Федерация

³ООО «УК «НОК ГРУПП», Красноярск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (ptashnik.yr[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье предложен комплекс методических рекомендаций по повышению эффективности использования выработанного пространства известняковых карьеров на основе применения технологических схем, основанных на комбинации различных способов подготовки пород к выемке. Все предлагаемые технологические схемы разработки месторождений известняка условно разделены на буровзрывные, безвзрывные и комбинированные. С учетом расположения месторождений известняков вблизи населенных пунктов, при оценке вариантов, наибольшее предпочтение следует отдавать безвзрывной технологии. Данный способ позволит создать необходимые для дальнейшего строительства поверхности, а также даст возможность пост эксплуатационного использования выработанного пространства карьера в качестве неотъемлемого объекта городской инфраструктуры.

Ключевые слова: выработанное пространство карьеров, рациональное использование недр, ресурсосбережение, эффективность горного производства.

THE VARIANTS OF MINING TECHNOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF LIMESTONE DEPOSITS IN THE VICINITY OF RESIDENTIAL AREAS

Research article

Ptashnik Y.P.^{1,*}, Kosolapov A.I.², Ptashnik A.I.³

¹ORCID : 0000-0001-8495-4909;

²ORCID : 0000-0002-8251-9679;

³ORCID : 0000-0002-7443-2717;

^{1,2}Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

³LLC «UK «NOK GROUP», Krasnoyarsk, Russian Federation

* Corresponding author (ptashnik.yr[at]yandex.ru)

Abstract

The article offers a set of methodological recommendations to improve the efficiency of use of the worked-out space of limestone quarries on the basis of technological schemes based on a combination of different methods of preparation of rocks for excavation. All proposed technological schemes of limestone deposits development are conditionally divided into drilling-and-blasting, blastless and combined. Taking into account the location of limestone deposits near populated areas, when evaluating the options, the preference should be given to a blastless technology. This method will allow to create surfaces necessary for further construction, and also will give the possibility of post-operational use of the excavated space of the quarry as an integral object of the urban infrastructure.

Keywords: mined-out space of quarries, rational use of subsoil assets, resource conservation, mining efficiency.

Введение

Продукцией горнодобывающего предприятия является сырье, получаемое из основных и попутных полезных ископаемых. При этом в процессе разработки месторождений образуются техногенные ресурсы в виде выработанного пространства, отвалов горных пород, отходов обогащения. 90% площадей занимаемых горными предприятиями отводится именно под их размещение. Однако, при современном уровне экономического развития, а также при существующей технике и технологии эти ресурсы пока востребованы только частично. При соответствующих условиях их можно использовать, как новый вид георесурса недр [1], [2].

В 80-х годах академик К.Н. Трубецкой ввел понятие ресурсосовпроизводящие геотехнологии, включающие технологии целенаправленного создания и разработки техногенных месторождений с заданными технологическими параметрами, обеспечивающие возможность их эффективного освоения, а также была предложена классификация техногенных месторождений [3].

Методы и принципы исследования

В основе ресурсосберегающей технологии открытой разработки вытянутых месторождений известняка предложенной авторами [4], [5], обеспечивающей эффективное использование георесурсов, лежит принцип, позволяющий максимально снизить объемы горных работ и площади нарушаемых земель, обеспечивающий освоение

отходов производства и создающий принципиальную возможность использования техногенных горнотехнических сооружений в качестве объектов, имеющих высокую общественную полезность или ценность [6], [7], [8]. При этом особое внимание заслуживает технология отработки приконтурной зоны карьера и постановка уступов в предельное положение, особенно при использовании буровзрывных работ для разработки месторождения.

При взрывных работах массив пород разрушается не только в требуемом объеме, а также за пределами формируемого откоса, отрицательно влияя на устойчивость борта карьера. Ширина зоны нарушения монолитности пород за пределами поверхности откоса варьирует в зависимости от способа отбойки, геологического строения и свойств породы и может достигать 30 м, а в некоторых случаях и 60 м от последнего ряда скважин. Ширина трещин в зоне нарушения может составлять 0,1–0,6 м, длина – 10–15 м [9]. Указанные обстоятельства диктуют с целью сохранения монолитности законтурного массива применять специальные технологии.

В этой связи интересным представляется опыт Ковдорского ГОКа (Мурманская область). Где для повышения углов откосов на предельном контуре совершенствовали технику и технологию буровзрывных работ. В результате был рекомендован порядок отбойки блоков по мере приближения к предельному контуру карьера, показанный на рисунке 1. При этом рабочий блок проектной ширины обуривают скважинами диаметром 250 мм. Схема инициирования скважинных зарядов диагональная с различными коэффициентами сближения скважин и различными углами наклона диагоналей к линии первого ряда скважин. В свою очередь переходный блок шириной 30–50 м обуривают скважинами диаметра 250 мм, а его приконтурную часть шириной не более 10 м – диаметром 165–170 мм, используя аналогичную схему инициирования зарядов.



Рисунок 1 - Районирование параметров я буровзрывных работ вблизи предельного контура карьера
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.129.39.1>

Приконтурный блок шириной не менее 30 м обуривают скважинами диаметром 165-170 мм, инициирование поскважинное.

Формирование контурной щели проводят одновременно со взрывом переходного блока, либо приконтурного, но с опережением по фронту не менее 20 м. Расстояние от вертикальных скважин последнего ряда до контурной щели определяется из условия качественной проработки породного слоя между ними и должно составлять 2/3 проектного расстояния между рядами скважин того же диаметра.

Месторасположения известняков обычно располагаются рядом с населенными пунктами. В результате этого к технологии ведения открытых горных работ предъявляются особые требования по уменьшению негативного воздействия горного производства на окружающую среду и повышению полноты использования выработанного пространства карьеров, за счет минимизации влияния взрывных работ.

Учитывая рекомендации [10] и анализ практического опыта работы карьеров с целью уменьшения влияния горных работ на окружающую среду и на монолитность пород, слагающих нерабочий борт карьера рассмотрены 3 варианта технологии разработки месторождений известняка, отличающиеся способом подготовки пород к выемке вблизи предельного контура карьера: буровзрывная, безвзрывная и комбинированная.

Вариант 1. В этом случае используется технология, основанная на буровзрывных работах. Однако обуривание и взрывание приконтурной части породного массива производят аналогично схеме используемой на Ковдорском ГОКе (см. рисунок 1).

Буровые работы на вскрышных и добычных работах выполняют станками СБШ-250 (диаметр долота 244,5мм), приконтурный блок шириной 40 метров обуривают станками Atlas Copco DML (диаметр долота 190мм), а скважины контурного ряда при заоткоске уступа бурят станками с погружными пневмоударниками Atlas Copco ROC-L8 (диаметр пневмоударника 110мм). Взрывчатые вещества приняты заводского изготовления, удельный расход которых увязан с прочностью пород, а выбор типа взрывчатых материалов учитывает специфику производства взрывных работ в части обводненности массива пород.

В качестве выемочно-погрузочного оборудования на вскрышных работах используются механические лопаты типа ЭКГ-5А (ЭКГ-10, ЭКГ-12,5), на добычных работах применены гидравлические экскаваторы Komatsu PC-750 (PC-1250, PC-2000), как наиболее мобильные и малогабаритные в сравнении с механическими лопатами. Транспортирование горной массы выполняют автосамосвалами БелАЗ-75131 (грузоподъемностью 131 т), Komatsu HD-785-7

(грузоподъемностью 90 т) и БелА3-7555 (грузоподъемностью 55 т). Бульдозерные работы на отвале и в карьере выполняют бульдозерами Komatsu D375, D275, D155.

Вариант 2. В данном случае применяют технологию подготовки пород к выемке, основанную на рациональном сочетании камнерезных машин и буровзрывных работ. При этом основные работы выполняют аналогично как в первом варианте с использованием тех же буровых, выемочно-погрузочных и транспортных машин. Отличие состоит в том, что для формирования конечного контура карьера используют камнерезные машины в комбинации с буровзрывными работами. Так, с помощью камнерезных машин происходит отделение приконтурного массива пород в вертикальной (используют баровую машину) и горизонтальной (канатную пилу) плоскостях. При этом уступ по высоте делят на выемочные слои, высотой равной рациональной глубине резания баровой машины. Затем баровой машиной по периметру полосы проходят вертикальные реза (рисунок 2 а), в которые заводят режущий канат камнерезной машины с гибким рабочим органом (рисунок 2 б) и осуществляют отделение объема камня в горизонтальной плоскости от массива. Вариантом предусмотрено использование баровой пилы Fantini G70 с жестким цепным баром, оборудованным сменными алмазными резцами. Благодаря использованию алмазных резцов область применения таких пил значительно шире, чем цепных баров с твердосплавными резцами, применение которых в породах с пределом прочности на одноосное сжатие выше 100 МПа малоэффективно. В качестве канатной пилы для осуществления горизонтальных пропилов по подошве уступа используется алмазно-канатная пила Pellegrini Telediam 80/100 Super. Дальнейшая подготовка данного приконтурного блока к выемке заключается в буровзрывных работах. Обуривание отпиленного приконтурного блока предусмотрено буровым станком Atlas Copco ROC-L8 вертикальными скважинами с недобуром до подошвы уступа (рисунок 2 в) и производят взрывание с уменьшенным в 1,5-2 раза удельным расходом взрывчатых веществ. Взорванную породу экскаватором грузят в автосамосвалы. Указанные операции повторяют до полной нарезки нерабочего уступа по всему периметру карьера. Остальной объем породы на горизонте разрабатывают с помощью буровзрывных работ. За счет этого сохраняется природная монолитность горных пород за пределами нерабочего борта карьера и параллельно подготавливается выработанное пространство.

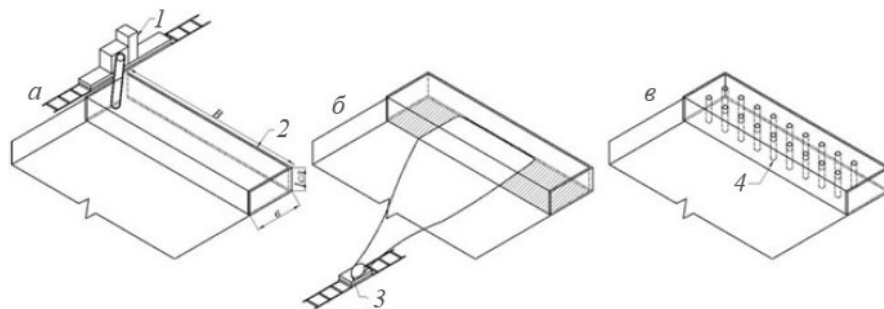


Рисунок 2 - Комбинированная схема формирования нерабочих уступов:

а, б, в – стадии формирования нерабочих уступов; 1 – баровая машина; 2 – вертикальный рез; 3 – канатная пила; 4 – скважины рыхления

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.129.39.2>

Вариант 3. Вариант предусматривает применение безвзрывной технологии, которая основана на использовании стреловых фрезерных комбайнов и камнерезных машин (баровых и канатно-алмазных пил). При этом уступ по высоте делят на выемочные слои, высотой равной рациональной глубине резания баровой машины. Комбайн производит выемку породы в пределах каждого слоя, а откос нерабочего уступа формируют баровой машиной. Дополнительно, с помощью алмазно-канатной пилы планируют площадку нерабочего уступа. Последовательность операций показана на рисунке 3.

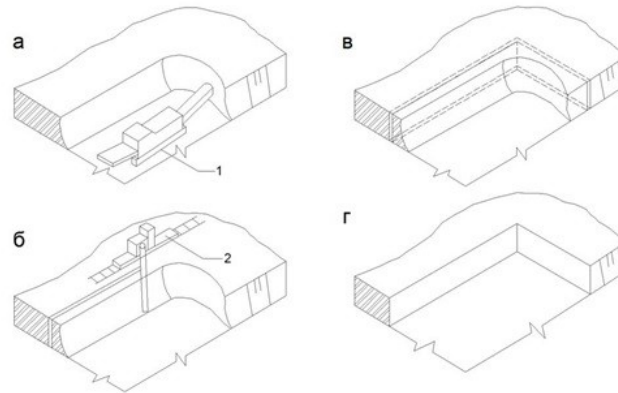


Рисунок 3 - Безвзрывная схема формирования нерабочих уступов:
а, б, в, г – стадии формирования нерабочих уступов; 1 – стреловой комбайн; 2 – баровая машина
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.129.39.3>

Вариантом предусмотрены камнерезные машины, как и во втором варианте и стреловые фрезерные комбайны Alpine Miner VASM-1D, VASM-2D с дизельным и VASM-3E электрическим приводами (рисунок 4).

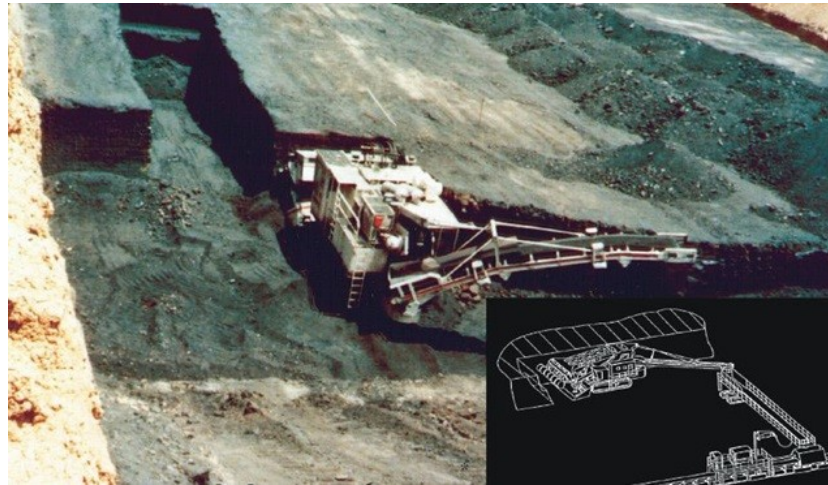


Рисунок 4 - Уступная отработка стреловым фрезерным комбайном типа VASM
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.129.39.4>

В процессе работы комбайна VASM производится скалывание породы рабочим органом – режущим барабаном, закрепленным на поднимающейся и опускающейся с помощью гидроцилиндров стреле, при одновременном поступательном и вибрационном движении. Погрузочное устройство, находящееся на уровне подошвы забоя, принимает разрушенную породу и транспортирует материал на погрузочную стрелу, с которой порода передается на разгрузочный конвейер. В качестве ходового механизма используется двухгусеничная тележка. Привод хода — гидравлический.

Технологические параметры комбайна типа VASM:

- высота уступа 5-10 м, ширина заходки 6,5-16,7 м и связаны с техническими параметрами комбайна;
- производительность комбайнов может достигать 870-2300 м³/час и зависит от прочности породы;
- конструкция комбайна обеспечивает возможность фрезерования откосов уступов карьеров на высоту вылета стрелы, а также ведение селективной выемки даже при разработке крутопадающих пластов;
- конструкция рабочего органа обеспечивает возможность адаптации режимов его работы к прочности разрабатываемых пород за счет изменения скорости вращения и вибрации рабочего органа, а также скорости подвигания комбайна на забой.

Заключение

Применение стрелового фрезерного комбайна позволит повысить эффективность его работы путем обеспечения рациональных режимов разрушения горных пород, экономически выгодных уровней производительности и энергоемкости процесса при стабильных параметрах фрезеруемых слоев пород и, как следствие, повышения ресурса породоразрушающих элементов.

Исходя из вышеизложенного, а также с учётом расположения месторождений известняка вблизи населенных пунктов, при выборе варианта технологии горных работ следует в первую очередь оценивать эффективность безвзрывной технологии, затем – комбинированной и в последнюю очередь – буровзрывной. Причем дополнительно необходимо учитывать возможность использования выработанного пространства после завершения разработки месторождения.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Трубецкой К.Н. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых / К.Н. Трубецкой. — М.: ИПКОН РАН, 2014. — 196 с.
2. Трубецкой К.Н. Принципы обоснования параметров устойчивого и экологически сбалансированного освоения месторождений твердых полезных ископаемых / К.Н. Трубецкой, Д.Р. Каплунов, М.В. Рьльникова // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. — 2014. — Вып. 2. — 12. — с. 3–10.
3. Рьльникова М.В. Классификация техногенных георесурсов в свете перспектив комплексного освоения рудных месторождений / М.В. Рьльникова, Д.Н. Радченко, В.В. Экс. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2012. — 2. — с. 318–324.
4. Пат. 2499139 Российская Федерация. Способ открытой разработки вытянутых месторождений крутопадающих залежей / Косолапов А.И., Пташник А.И., Пташник Ю.П. — от 20.11.2013.
5. Пат. 2515649 Российская Федерация. Способ комбинированной разработки вытянутых месторождений крутопадающих залежей / Косолапов А.И., Пташник А.И., Пташник Ю.П. — от 18.03.2014.
6. Голик В.И. Минимизация влияния горного производства на окружающую среду / В.И. Голик, Ю.В. Дмитрак, О.З. Габараев [и др.] // Экология и промышленность России. — 2018. — Т. 22. — 6. — с. 26-29.
7. Пыталев И.А. Обоснование параметров карьеров и отвалов, формируемых в виде емкостей для размещения промышленных отходов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / Пыталев Иван Алексеевич. — Магнитогорск, 2008. — 20 с.
8. Гавришев С.Е. Определение ценности техногенных георесурсов / С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов И.А. Пыталев [и др.] // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. — 2010. — 2(30). — с. 5–8.
9. Бротанек И. Контурное взрывание в горном деле и строительстве / И. Бротанек, Й. Вода; под ред. Б.Н. Кутузова. — М.: Недра, 1983. — 144 с.
10. Назарова Е.Ю. Обоснование технологии разработки месторождений карбонатных пород вблизи селитебных территорий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / Назарова Евгения Юрьевна. — Красноярск, 2007. — 18 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Trubetskoy K.N. Razvitie resursosberegayushchih i resursovoproizvodyashchih geotekhnologij kompleksnogo osvoeniya mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh [Development of Resource-saving and Resource-reproducing

Geotechnologies of Complex Development of Mineral Deposits] / K.N. Trubetskoy. — Moscow: IPCON RAS, 2014. — 196 p. [in Russian]

2. Trubetskoy K.N. Principy obosnovaniya parametrov ustojchivogo i ekologicheskii sbalansirovannogo osvoeniya mestorozhdenij tverdyh poleznyh iskopaemyh [Principles of Substantiation of Parameters of Sustainable and Ecologically Balanced Development of Deposits of Solid Minerals] / K.N. Trubetskoy, D.R. Kaplunov, M.V. Rylnikova // Usloviya ustojchivogo funkcionirovaniya mineral'no-syr'evogo kompleksa Rossii [Conditions of Sustainable Functioning of the Mineral Resource Complex of Russia]. — 2014. — Iss. 2. — 12. — p. 3-10. [in Russian]

3. Rylnikova M.V. Klassifikaciya tekhnogennyh georesursov v svete perspektiv kompleksnogo osvoeniya rudnyh mestorozhdenij [Classification of Technogenic Geo-resources in the Light of the Prospects of Complex Development of Ore Deposits] / M.V. Rylnikova, D.N. Radchenko, V.V. Ex. // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal) [Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)]. — 2012. — 2. — p. 318–324. [in Russian]

4. Pat. 2499139 Russian Federation. Sposob otkrytoj razrabotki vytyanutyh mestorozhdenij krutopadayushchih zalezhej [A method of open-pit mining of elongated deposits of steeply falling deposits] / Kosolapov A.I., Ptashnik A.I., Ptashnik Yu.P. — from 20.11.2013. [in Russian]

5. Pat. 2515649 Russian Federation. Sposob kombinirovannoj razrabotki vytyanutyh mestorozhdenij krutopadayushchih zalezhej [A method of combined development of elongated deposits of steeply falling deposits] / Kosolapov A.I., Ptashnik A.I., Ptashnik Yu.P. — from 18.03.2014. [in Russian]

6. Golik V.I. Minimizaciya vliyaniya gornogo proizvodstva na okruzhayushchuyu sredu [Minimizing the impact of mining on the environment] / V.I. Golik, Yu.V. Dmitrak, O.Z. Gabaraev [et al.] // Ekologiya i promyshlennost' Rossii [Ecology and industry of Russia]. — 2018. — Vol. 22. — 6. — p. 26-29. [in Russian]

7. Pytalev I.A. Obosnovanie parametrov kar'erov i otvalov, formiruemyh v vide emkостей dlya razmeshcheniya promyshlennyh othodov [Substantiation of the Parameters of Quarries and Dumps Formed in the Form of Containers for the Disposal of Industrial Waste]: autorabst. dis. ... for PhD in Technical Sciences: 25.00.22 / Ivan Alekseevich Pytalev. — Magnitogorsk, 2008. — 20 p. [in Russian]

8. Gavrishev S.E. Opredelenie cennosti tekhnogennyh georesursov [Determining the Value of Technogenic Geo-resources] / S.E. Gavrishev, V.Yu. Zalyadnov, I.A. Pytaev [et al.] // Vestnik MGTU im. G.I. Nosova [Bulletin of the Moscow State Technical University named after G.I. Nosov]. — 2010. — 2(30). — p. 5-8. [in Russian]

9. Brotanek I. Konturnoe vzryvanie v gornom dele i stroitel'stve [Contour Blasting in Mining and Construction] / I. Brotanek, Y.Voda; ed. by B.N. Kutuzov. — M.: Nedra, 1983. — 144 p. [in Russian]

10. Nazarova E.Yu. Obosnovanie tekhnologii razrabotki mestorozhdenij karbonatnyh porod vblizi selitebnyh territorij [Substantiation of the Technology of Development of Deposits of Carbonate Rocks near Residential Areas]: autoabst. dis. ... of PhD in Technical Sciences: 25.00.22 / Evgeniya Yurievna Nazarova. — Krasnoyarsk, 2007. — 18 p. [in Russian]