

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. Обустройство 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.

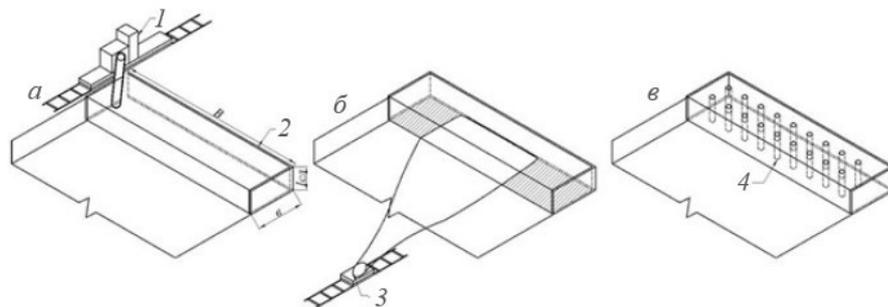


Рисунок 2 - Комбинированная схема формирования нерабочих уступов:

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.

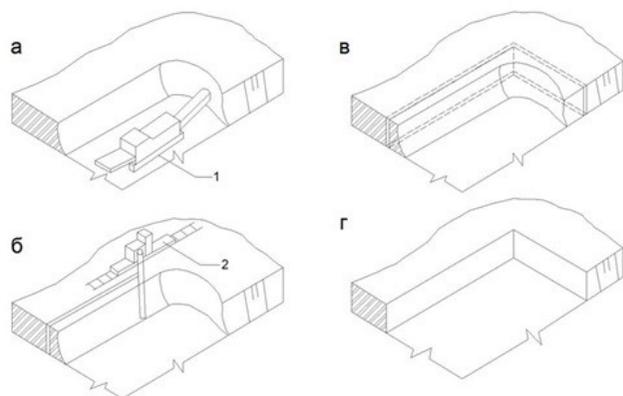


Рисунок 3 - Безвзрывная схема формирования нерабочих уступов:
а, б, в, г – стадии формирования нерабочих уступов; 1 – стреловой комбайн; 2 – баровая машина
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.129.39.3>

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).

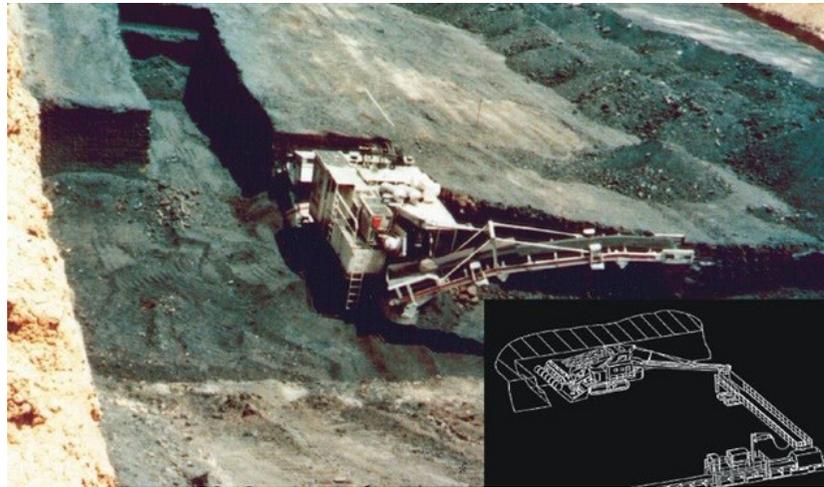


Рисунок 4 - Уступная отработка стреловым фрезерным комбайном типа VASM
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.129.39.4>

В процессе работы комбайна VASM производится скальвание 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 ekologicheski 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]