

ISSN 1999-4125 (Print)

**ГЕОТЕХНОЛОГИЯ
GEOTECHNOLOGY**

Научная статья

УДК 622.012:622.861/862

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-1-87-94

**ГЛУБИННЫЕ ИНЪЕКЦИОННЫЕ МАРКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРА**

Угляница Андрей Владимирович

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

*для корреспонденции: uav@Kuzstu.ru

**Информация о статье**

Поступила:

25 ноября 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 января 2023 г.

Принята к публикации:

28 февраля 2023 г.

Опубликована:

30 марта 2023 г.

Ключевые слова:

уступ карьера, устойчивость,
трещиноватые породы,
скважина, анкер,
инъекционное упрочнение,
глубинная марка.

Аннотация.

Выполнен анализ способов стабилизации бортов карьеров, формируемых в скальных трещиноватых породных массивах. Установлено, что в сложных горно-геологических условиях при глубине карьера более 100 м потерю устойчивости и обрушение уступов бортов карьера на практике предотвращают упрочнением трещиноватого породного массива откоса уступа анкерной крепью в сочетании с инъекционным упрочнением трещиноватых пород и с установкой противокампнепадных и улавливающих устройств на откосе и берме уступа. Для повышения качества инъекционного упрочнения трещиноватых пород откоса уступа предложена технология упрочнения породного массива откоса уступа карьера через глубинные инъекционные марки, которые конструктивно выполняют функции анкера с клинощелевым или сталеполлимерным замком, реперного стержня глубинной марки, фиксирующего смещения породного контура уступа, и тампонажной трубки для нагнетания в скважину цементного раствора и закрепления на ней покровной сетки уступа. Глубинная инъекционная марка, установленная в скважину, позволяет фиксировать во времени увеличение трещинной пустотности вокруг скважины и производить инъекционное упрочнение расстрескавшихся пород откоса уступа дифференцированно для каждой скважины после образования вокруг нее эффективной для упрочнения пород трещинной пустотности, равной 4-5%, что позволяет увеличить прочность упрочненного цементацией породного массива уступа и повысить устойчивость бортов карьера в процессе его эксплуатации.

Для цитирования: Угляница А.В. Глубинные инъекционные марки для повышения устойчивости бортов карьера // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 1 (155). С. 87-94. doi: 10.26730/1999-4125-2023-1-87-94

Введение. На открытых горных работах основной причиной высокой аварийности является потеря устойчивости уступов на бортах карьера в результате проявления различных опасных геологических и техногенных процессов: фильтрационных деформаций, просадок и трещинообразования в породном массиве откоса уступа, камнепадов и оползней с откоса на берму уступа [1, 2, 3].

Потеря устойчивости и обрушение уступов на бортах карьера на практике предотвращается применением двух методов их инженерной защиты. Первый метод включает мероприятия по искусственному повышению устойчивости породного массива откоса уступа, а второй – мероприятия по защите бермы уступа от камнепадов и оползней с откоса уступа с помощью удерживающих и улавливающих устройств и сооружений [4, 5, 6].

Для повышения устойчивости откосов на практике в основном применяют их анкерное крепление или инъекционное упрочнение трещиноватых пород откосов цементным раствором [7, 8, 9].

Защиту горнорабочих, транспортной и горной техники от камнепадов и оползней при выполнении работ на бермах уступов обеспечивают с помощью специальных технических устройств и конструкций путем расположения на бермах защитного вала или барьера, а на откосах – улавливающих защитных несущих конструкций, состоящих из анкеров-микросвай, тросов и полимерных или металлических покровных сеток. Покровные сетки закрепляют на бермах анкерами-микросваями и усиливают системой стальных тросов для повышения надежности всей конструкции [5, 7, 10].

Конструкцию инженерной защиты уступа борта карьера принимают с учетом горно-геологических и геомеханических особенностей горных пород, глубины карьера, угла наклона откоса уступа и прогнозируемых параметров потери его устойчивости в виде трещинообразования в породах, камнепадов, оползней и обрушений. При этом инженерная защита может включать как один, так и оба метода защиты уступов бортов карьера [4, 5, 7].

Недостаток применения в качестве инженерной защиты уступов бортов карьера только метода анкерно-тросово-сетчатых противокампнепадных систем заключается в том, что он не предотвращает развития процесса трещино- и камнеобразования в породном массиве уступа в процессе его эксплуатации, а только аккумулирует оторвавшиеся от поверхности уступа куски породы под защитной покровной сеткой внизу уступа на берме, защищая горнорабочих и горную технику от камнепада. При этом на берме внизу уступа перед защитным валом или барьером может скопиться значительное количество скатившихся по уступу кусков породы, которые, перегружая берму, могут вызвать ее повреждения и обрушение [5, 7].

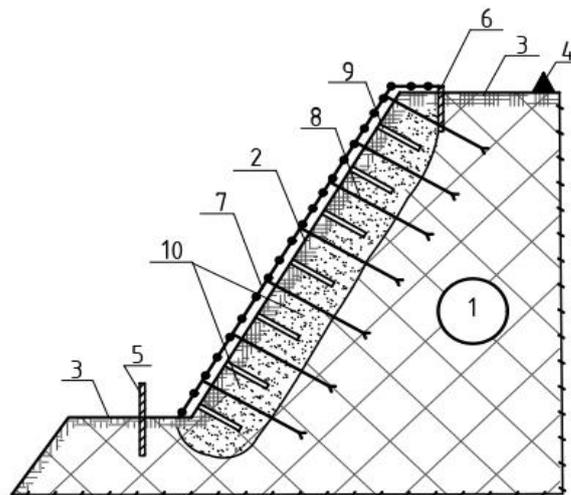


Рис. 1. Схема повышения устойчивости уступа борта карьера комбинированным способом: 1 – уступ карьера; 2 – откос; 3 – берма; 4 – вал; 5 – барьер; 6 – анкер-микросвая; 7 – покровная сетка; 8 – анкер; 9 – инъекционная скважина; 10 – упрочненные инъекцией трещиноватые породы откоса

Fig. 1. Scheme of increasing the stability of the open pit edge in a combined way: 1 – open pit bench; 2 – slope; 3 – berm; 4 – shaft; 5 – barrier; 6 – micropiling anchor; 7 – guard mesh; 8 – bolt; 9 – injection well; 10 – injection-strengthened fractured slope rock

В сложных горно-геологических и климатических условиях при глубине карьера более 100 м на практике потерю устойчивости и обрушение уступов бортов карьера предотвращают применением комбинированного способа, включающего совместное применение упрочнения трещиноватого породного массива откоса уступа и установку противокампнепадных и улавливающих устройств и сооружений на откосе и берме уступа [4, 5].

Комбинированные способы повышения устойчивости уступов на бортах карьера анкерно-тросово-сетчатой крепью в сочетании с упрочнением горного массива откосов уступа анкерной крепью, инъекционным упрочнением пород или совместным их применением получили широкое распространение на карьерах компаний «Алроса», «Апатит», Ковдорского и Оленегорского ГОКов и др. [4, 5] На Рис. 1 приведена схема повышения устойчивости уступа борта карьера комбинированным способом.

Материал и анализ. В процессе производства горных работ в карьере в сложных горно-геологических и климатических условиях в результате фактора времени и техногенных землетрясений, вызванных проведением буровзрывных работ, при глубине карьера более 100 м трещинообразование и расслоение горных пород от контура откоса уступа может распространяться вглубь массива на 5-10 м [4, 7]. Поэтому для повышения устойчивости породного массива откоса уступа с помощью анкерной крепи приходится заводить клинощелевой или сталеполимерный замок анкера вглубь породного массива откоса на 5-10 м, что приводит к необходимости бурить скважины под анкеры значительной длины и, как следствие, обуславливает высокую стоимость и значительную трудоемкость анкерного крепления откосов на уступах бортов карьера.

При применении инъекционного упрочнения трещиноватых пород откоса уступа нагнетание твердеющего вяжущего раствора в трещины через инъекционные скважины должно выполняться в момент времени, когда растрескивающиеся горные породы еще обеспечивают устойчивость откоса, но при этом в породном массиве уже образовалась достаточная трещинная пустотность, необходимая для эффективного инъекционного упрочнения растрескавшихся пород откоса уступа.

Установлено, что трещинная пустотность породного массива вокруг скважины, необходимая для эффективного инъекционного упрочнения растрескивающихся горных пород, должна составлять 4-5%, при этом предел прочности упрочненных цементацией трещиноватых пород на одноосное сжатие следует принимать равным 0,6-0,7 от величины предела прочности горной породы в массиве, но не более предела прочности цементного камня на сжатие, которое составляет 35-40 МПа [9, 11, 12].

Известны три основные рекомендации для определения момента времени начала работ по инъекционному упрочнению растрескивающихся пород откоса уступа после его сооружения.

Согласно первой рекомендации, инъекционное упрочнение пород откоса следует выполнять через 20-30 суток после сооружения уступа [9, 11]. Согласно второй рекомендации, период времени после сооружения уступа, за который в обнаженном породном массиве откоса образуется требуемая для его эффективного инъекционного упрочнения трещинная пустотность, предлагается определять по усредненным физико-механическим характеристикам горных пород откоса уступа и их начальной трещинной пустотности аналитическим методом по уравнению зависимости смещения контура откоса уступа от образовавшейся в породном массиве откоса трещинной пустотности [13].

Однако обе эти рекомендации обладают существенным недостатком, поскольку вследствие неоднородности структуры, текстуры и свойств горных пород в откосе уступа на практике на одних участках породного массива за назначенный или расчетный периоды времени вокруг инъекционной скважины еще не образуется трещинная пустотность, необходимая для эффективного упрочнения трещиноватых пород откоса уступа, а на других участках откоса уступа она уже образовалась и вызовет обрушение растрескавшихся пород еще до проведения их инъекционного упрочнения. При этом нагнетание цементного раствора в скважины, вокруг которых еще не образовалась необходимая трещинная пустотность, будет на практике приводить к фактической ликвидации этих скважин без эффекта упрочнения пород вокруг них.

Согласно третьей рекомендации, момент времени, за который породный массив на отдельных участках откоса уступа уже достаточно растрескается для выполнения его инъекционного упрочнения, определяют в предварительно пробуренных инъекционных

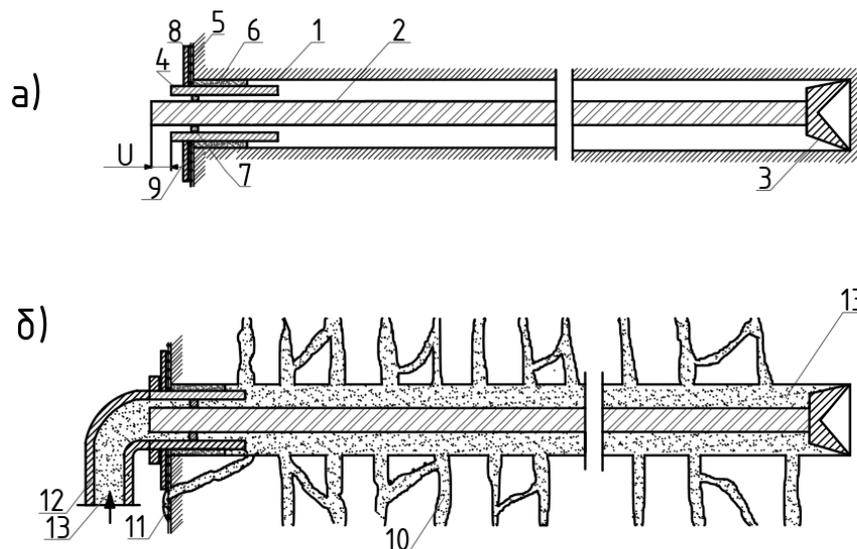


Рис. 2. Принцип упрочнения трещиноватых пород откоса уступа вокруг скважины через глубинную инъекционную марку: 1 – скважина; 2 – штанга анкера; 3 – замок анкера; 4 – тампонажная трубка; 5 – породный контур откоса уступа; 6 – быстросхватывающийся цементно-песчаный раствор; 7 – штырь-фиксатор; 8 – покровная сетка; 9 – прижимная шайба; 10 – трещины в породе; 11 – дискретное изолирующее покрытие; 12 – напорный трубопровод; 13 – цементный раствор

Fig. 2. The principle of strengthening fractured rocks of the bench slope around the well using a deep injection benchmark: 1 – well; 2 – anchor rod; 3 – anchor lock; 4 – grouting pipe; 5 – bench slope; 6 – quick-setting cement-sand mortar; 7 – locking pin; 8 – guard mesh; 9 – washer; 10 – rock fractures; 11 – discrete insulating coating; 12 – pressure pipeline; 13 – cement mortar

скважинах известными геофизическими или гидродинамическими методами. Применение этих методов на практике позволяет довольно точно определять время начала инъекционного упрочнения растрескавшихся пород откоса уступа для каждой инъекционной скважины. Однако с этой целью потребуется в каждой инъекционной скважине с высокой периодичностью выполнять геофизические или гидродинамические исследования по определению величины трещинной пустотности горных пород вокруг скважины, что на практике будет приводить к значительным организационным, трудовым и материальным затратам.

Результаты и реализация. Учитывая недостатки указанных методов, в КузГТУ предложен доступный способ точного определения момента возникновения вокруг каждой скважины необходимой трещинной пустотности и нагнетания в растрескавшийся породный массив откоса уступа цементного раствора через скважину за счет установки в нее глубинной инъекционной марки, которая конструктивно выполняет функции анкера с клинощелевым или сталеполимерным замком, реперного стержня глубинной марки, фиксирующего смещения породного контура уступа, и тампонажной трубки для нагнетания в скважину твердеющего вяжущего раствора [14]. Кроме этого, тампонажные трубки, установленные в скважины, дополнительно выполняют функцию анкер-микросвай для закрепления на них покровных сеток откоса уступа.

Принцип инъекционного упрочнения трещиноватых пород откоса уступа вокруг скважины через глубинную инъекционную марку поясняет Рис. 2.

Упрочнение трещиноватых пород откоса уступа вокруг скважины через глубинную инъекционную марку выполняют следующим образом. Откос уступа разбивают на захватки. В пределах захватки производят гидродинамическое или геофизическое определение начальной трещинной пустотности породного массива откоса на проектную глубину инъекционного упрочнения растрескавшихся пород. Обычно глубину инъекционного упрочнения трещиноватых пород от поверхности обнажения вглубь массива принимают равной 2,0-2,5 м,

поскольку именно на этом участке происходит интенсивное трещинообразование в породе [9, 11, 12].

Производят бурение в откосе уступа инъекционных скважин диаметром 43 мм и длиной 2,0-2,5 м. Расстояние между скважинами принимают 2,5 м из условия наложения зон упрочнения между скважинами. В каждую скважину 1 (см. рис. 2а) помещают штангу анкера 2 и закрепляют замок анкера 3 в донной части скважины. Тампонажную трубку 4 одевают на штангу анкера 2 и заглубляют вглубь скважины 1 на расстояние, при котором штанга анкерами 2 будет выступать из тампонажной трубки 3 на величину U , которая определяет заданное смещение породного контура откоса уступа 5 за счет растрескивания горной породы откоса и увеличения ее трещинной пустотности вокруг скважины. При этом заданное смещение породного контура откоса уступа U определяют из выражения

$$U = l_{ck}(m_k - m_0) \cdot 100,$$

где l_{ck} – длина инъекционной скважины, см;

m_0 – начальная трещинная пустотность породного массива откоса уступа вокруг скважины после его сооружения, определенная гидродинамическим или геофизическим методом, %;

m_k – конечная трещинная пустотность породного массива откоса вокруг скважины, необходимая для качественного инъекционного упрочнения растрескавшихся горных пород, % (величина m_k принимается равной 4-5 %).

Тампонажную трубку 4 закрепляют в скважине 1 быстросхватывающимся цементно-песчаным раствором 6, при этом штанга анкера 2 фиксируется по центру тампонажной трубки 4 четырьмя штырь-фиксаторами 7, расположенными на штанге 2. На тампонажную трубку 4 навешивают покровную сетку 8 и закрепляют прижимной шайбой 9.

Через некоторое время в результате геологических и техногенных процессов вокруг скважины в породном массиве начинают образовываться новые трещины 10 (см. Рис. 2б). При этом за счет растрескивания породы и увеличения ее объема происходит смещение породного контура уступа 5, и штанга анкера 2, выполняющая дополнительно функцию реперного стержня глубинной инъекционной марки, затягивается в тампонажную трубку 4. Заданная величина смещения породного контура U достигается, когда выступающая из тампонажной трубки 4 штанга анкера 2 (реперный стержень глубинной марки) поравняется с краем тампонажной трубки.

После достижения заданного смещения контура откоса U и образования вокруг скважины 1 необходимой трещинной пустотности через тампонажную трубку 4 по напорному трубопроводу 12 в скважину 1 и окружающие ее трещины 10 нагнетают контрастную жидкость (воду) и фиксируют места ее выхода на породный контур откоса 5. Обнаруженные таким образом места выхода трещин на поверхность откоса изолируют дискретным изолирующим покрытием 11 из быстросхватывающегося цементно-песчаного раствора или полимерной композиции [15].

Через тампонажную трубку 4 производят нагнетание в скважину 1 цементного раствора 13. Происходит склеивание отдельных блоков и пропластков растрескавшейся породы в единое целое и упрочнение породного массива откоса уступа 5 вокруг скважины. Для горных пород с трещинной пустотностью 4-5% применяют цементный раствор с цементно-водным массовым отношением Ц:В = 1:0,5 с добавкой к нему жидкого стекла (водного раствора силиката натрия) в количестве 3% от массы цемента для повышения проникающей способности цементного раствора и ускорения его твердения. Нагнетание цементного раствора в скважину производят способом с постоянным давлением и переменным расходом до отказа в его поглощении. Конечное давление нагнетания принимают равным 0,5-0,7 МПа [12].

Насос для нагнетания цементного раствора оборудуют дополнительными нагнетательными штуцерами с кранами для подсоединения к ним нагнетательных трубопроводов к скважинам. В случае, если при нагнетании цементного раствора в скважину начинает происходить излив раствора из одной или нескольких соседних скважин, к этим скважинам подсоединяют дополнительные нагнетательные растворопроводы (напорные шланги) и производят групповое нагнетание цементного раствора сразу в несколько скважин до отказа в поглощении цементного раствора.

Выводы.

1. В сложных горно-геологических и климатических условиях при глубине карьера более 100 м на практике потерю устойчивости и обрушение уступов бортов карьера предотвращают упрочнением трещиноватого породного массива откоса уступа анкерной крепью с инъекционным упрочнением трещиноватых пород и установкой противокампнепадных и улавливающих устройств на откосе и берме уступа.

2. Разработанная технология инъекционного упрочнения трещиноватого породного массива откоса уступа через глубинные инъекционные марки позволяет фиксировать во времени увеличение трещинной пустотности вокруг скважин и производить инъекционное упрочнение растрескавшихся пород откоса уступа карьера дифференцированно для каждой скважины после образования вокруг нее эффективной для упрочнения пород трещинной пустотности, что позволит увеличить прочность упрочненного цементацией породного массива уступа и повысить устойчивость бортов карьера в процессе его эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников Н. Н., Козырев А. А. Изменение геодинамического режима геологической среды при ведении крупномасштабных горных работ на глубоких карьерах // Горн. информ.-аналит. бюл. 2015. №56. С. 7-23.
2. Rock slide kills quarry worker, responding fire chief hospitalized [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.courieranywhere.com/index.php/news-sports/7380-rock-slide-kills-quarry-worker-responding-fire-chief-hospitalized>, свободный (дата обращения: 16.10.2022).
3. Worker fatally crushed at Ottawa quarry [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cbc.ca/news/canada/ottawa/worker-fatally-crushed-at-ottawa-quarry1.895497>, свободный. (дата обращения: 27.09.2022).
4. Решетняк С. П., Рыбин В. В. Научные, проектные и производственные возможности стабилизации бортов карьеров, формируемых в скальных трещиноватых массивах пород // Маркшейдерия и недропользование. 2020. № 2. С. 11-15.
5. Меликов М. В. Концепция возведения временных противокампнепадных сооружений на карьерах // Проблемы недропользования. 2018. №2. С. 130-138.
6. International Mining Fatality Database (2008): Project Report / Produced by: Patrick MacNeill. NSW Department (Australia) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.dpi.nsw.gov.au/data/assets/pdf_file/0009/182484/International-Mining-Fatality-Database-project-report.pdf, свободный. (дата обращения: 19.10.2022).
7. Меликов М. В., Решетняк С. П. Технология инженерной защиты на карьерах // Фундаменты. 2021. №1(3). С. 34-37.
8. Barron K., Coates D., Gyangt M. Support for Pit Slopts // Canad. Mining and Met. Bull. 1971. № 707. P. 32-39.
9. Заславский Ю. З., Лопухин Е. А., Дружко Е. Б., Качан И. В. Инъекционное упрочнение горных пород. М. : Недра, 1984. 176 с.
10. Геомеханика открытых горных работ / под ред. Гальперина А. М. М. : МГГУ, 2003. 473с.
11. Li Gong You. Design and Application of Cement Grouting and Bolt Support System // Mine Construction Technologi (China). 1996. № 4. P. 45-48.
12. Хямяляйнен В. А., Бурков Ю. В., Сыркин П. С. Формирование цементационных завес вокруг капитальных горных выработок. М. : Недра, 1994. 400 с.
13. Способ крепления горных выработок: а.с. 987108 СССР. № 3330599/22-03 / Амусин Б. З., Ардашев К. А., Басинский Ю. М., Морозов А. Ф.; заявл. 29.07.81; опубли. 17.01.83, Бюл. 1. 106 с.
14. Способ крепления горных выработок: а.с. 1642035 СССР. № 4674431/04/ Угляница А. В., Петров А. И., Удовиченко В. М.; заяв. 05.04.89; опубли. 15.04.91, Бюл. 14. 123 с.
15. Угляница А. В. Рекомендации по технологии последующего упрочнения горных пород цементацией без нанесения на поверхность выработки сплошного изолирующего покрытия / Кузбас. гос. техн. ун-т. М. Кемерово, 1997. 42 с.

© 2022 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Угляница Андрей Владимирович, доктор техн. наук, профессор, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail:

uav@Kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:

Угляница Андрей Владимирович – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, выводы, обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, сбор и анализ данных, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DEEP INJECTION BENCHMARKS FOR INCREASING THE STABILITY OF OPEN PIT WALLS

Andrey V. Uglyanitsa

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

*for correspondence: uav@Kuzstu.ru



Article info

Received:

25 November 2022

Accepted for publication:

15 January 2023

Accepted:

28 February 2023

Published:

30 March 2023

Keywords: open pit bench, stability, fractured rock, well, rock anchor, injection consolidation, deep benchmark.

Abstract.

The analysis of methods for stabilizing open pit walls formed in fractured rock strata was carried out. It has been established that in complex mining and geological conditions and at a pit depth of more than 100 m, the loss of stability and the collapse of the pit wall benches are in practice prevented by strengthening the fractured rock mass of the bench slope with anchor bolting in combination with injection strengthening of fractured rock, and installing anti-rockfall and catching devices on the slopes and the berm. To improve the quality of injection strengthening of fractured wall slope rock, a technology for strengthening the rock mass of the open pit slope wall using deep injection benchmarks is proposed. Such bench marks structurally perform the functions of a slotted rock or resin-grouted roof bolt, a reference rod that fixes the displacement of the slope wall rock mass, and a grouting pipe for injecting cement mortar into the well and fixing the guard mesh on it. The deep injection benchmark fixed in the well allows monitoring in real time the increase in fracture-caused cavitations around the well and performing injection strengthening of fractured rock of the slope wall differentially for each well after the formation of fracture-caused cavitation around it equal to 4-5% that is efficient for strengthening the wall rock mass, which makes it possible to increase the strength of the fractured rock mass of the bench strengthened by cementation and to increase the stability of the open pit walls during mining.

For citation: Uglyanitsa A.V. Deep injection benchmarks for increasing the stability of open pit walls. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 1(155):87-94. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2023-1-87-94

REFERENCES

1. Melnikov N.N., Kozyrev A.A. Changing the Geodynamic Behaviour of the Geological Environment During Large-scale Mining in Deep Open Pits. *Mining Information and Analytical Bulletin*. 2015; 56:7-23.
2. Rock slide kills quarry worker, responding fire chief hospitalized [electronic resource]. Available at <http://www.courieranywhere.com/index.php/news-sports/7380-rock-slide-kills-quarry-worker-responding-fire-chief-hospitalized>.
3. Worker fatally crushed at Ottawa quarry [electronic resource]. Available at <http://www.cbc.ca/news/canada/ottawa/worker-fatally-crushed-at-ottawa-quarry1.895497> (15.05.2018).
4. Reshetnyak S.P., Rybin V.V. Scientific, Design and Production Capabilities for Stabilizing the Open Pit Edges Formed in Solid Fractured Rock Masses. *Mine Surveying and Mineral Resources Management*. 2020; 2:11-15.
5. Melikov M.V. The Concept of Construction of Temporary Anti-rockfall Structures in Quarries. *Issues of Mineral*

Resources Management. 2018; 2:130-138.

6. International Mining Fatality Database (2008): Project Report / Produced by: Patrick MacNeill. NSW Department (Australia) [electronic resource] - Available at https://www.dpi.nsw.gov.au/data/assets/pdf_file/0009/182484/International-Mining-Fatality-Database-project-report.pdf.

7. Melikov M.V., Reshetnyak S.P. Technology of Engineering Protection in Quarries // *Foundations*. 2021; 1(3):34-37.

8. Barron K., Coates D., Gyangt M. Support for Pit Slopes. *Canad. Mining and Met. Bull.* 1971; 707:32-39.

9. Zaslavskiy Yu.Z., Lopukhin E.A., Druzhko E.B., Kachan I.V. Injection rock consolidation. Moscow: Nedra; 1984.

10. Galperin A.M. Geomechanics of Open Pit Mining. Moscow: MSMU; 2003.

11. Li Gong You. Design and Application of Cement Grouting and Bolt Support System. *Mine Construction Technologi (China)*. 1996; 4:45-48.

12. Khyamyalyainen V.A., Burkov Yu.V., Syrkin P.S. Formation of Grout Curtains Around Primary Developments. Moscow: Nedra; 1994.

13. Patent A.c. 987108 USSR, MKI³ E 21 D 20/00. Walling Method / Amusin B.Z., Basinskiy Yu.M., Morozov A.F. (USSR). – No 3330599/22-03; appl. 29.07.81; pbd. 17.01.83, bul. No 1. – pp. 106.

14. Patent A.c. 1642035 USSR, MKI³ E 21 D 20/00. Walling Method / Uglyanitsa A.V., Petrov A.I., Udovichenko V.M. (USSR). – No 4674431/04; appl. 05.04. 89; pbd. 15.04.91, bul. No 14. – 123 p.

15. Uglyanitsa A.V. Recommendations on the Technology of Subsequent Rock Consolidation by Grouting Without Applying a Continuous Insulating Coating to the Surface of a Working. Kemerovo: KuzSTU; 1997.

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Andrey V. Uglyanitsa, Dr. Sc.in Engineering, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: uav@kuzstu.ru

Contribution of the authors:

Andrey V. Uglyanitsa – formulation of a research task, scientific management, conclusions, review of relevant literature, conceptualization of research, data collection and analysis, writing text.

All authors have read and approved the final manuscript.

