

Методы защиты устья вскрывающих горных выработок при развитии подземных горных работ с борта разреза

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-5-26-31>**РЫБАК Т.С.**

Специалист
по научно-исследовательским работам
ООО НИЦ-ИППП «РАНК»,
630090, г. Новосибирск, Россия

**ИВАНОВ А.С.**

Заместитель директора по развитию
АО «ГОК «Денисовский»,
678960, г. Нерюнгри, Россия

**ПЕРЕЖИГАЛЬСКИЙ М.Ю.**

Начальник отдела
по научно-исследовательским работам
ООО НИЦ-ИППП «РАНК»,
630090, г. Новосибирск, Россия

**АУШЕВ Е.В.**

Начальник отдела
по инновационному развитию
ООО НИЦ-ИППП «РАНК»,
630090, г. Новосибирск, Россия

**ЛЫСЕНКО М.В.**

Заместитель директора
по научной работе
и инновациям ООО НИЦ-ИППП «РАНК»,
630090, г. Новосибирск, Россия,
e-mail: Limak2@yandex.ru

В статье на примере шахты «Денисовская» рассмотрены факторы, влияющие на устойчивость борта разреза. Выполнен анализ необходимости и актуальности проведения дополнительных мероприятий для обеспечения устойчивости борта разреза и защиты устья горных выработок. Разработаны наиболее эффективные мероприятия для приведения борта разреза в безопасное состояние и защиты устья горных выработок для данных горно-геологических условий.

Ключевые слова: защита устьев горных выработок, устойчивость борта разреза, открытые горные работы, подземные горные работы, безопасность, канатно-анкерная система, улавливающие сооружения.

Для цитирования: Методы защиты устья вскрывающих горных выработок при развитии подземных горных работ с борта разреза / Т.С. Рыбак, А.С. Иванов, М.Ю. Пережигальский и др. // Уголь. 2021. № 5. С. 26-31. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-26-31.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка состояния и устойчивости борта разреза зависит от учета ряда природных факторов, к которым можно отнести: фактические прочностные свойства горных пород и характер их залегания; трещиноватость массива; геометрические параметры борта, а также интенсивность протекания процессов выветривания [1]. Помимо природных факторов, большое влияние на устойчивость борта могут оказывать техногенные факторы, возникающие вследствие ведения подземных горных работ как непосредственно в прибортовом массиве (проведение вскрывающих выработок с борта), так и вблизи участка открытых горных работ (подработка борта, производство подземных массовых взрывов) [2].

Неустойчивость склона приводит к снижению уровня безопасности при ведении горных работ, что может стать причиной возникновения травм, аварийных ситуаций и несчастных случаев.

Устранение последствий проявления неустойчивости и удаление обрушенной горной массы сопряжены с незапланированными затратами технических, людских и вре-

менных ресурсов, что может частично или полностью парализовать технологический цикл предприятия и привести к финансовым потерям. Таким образом, возникает необходимость проведения дополнительных мероприятий для обеспечения устойчивости борта разреза, стоимость которых значительно ниже возможных затрат на устранение последствий проявления неустойчивости склона.

С 1991 г. участок поля АО «ГОК «Денисовский» – Шахта «Денисовская» (далее – шахта «Денисовская») отрабатывался открытым способом. В 2003 г. для развития подземных горных работ из отработанного борта разреза были пройдены вскрывающие выработки шахты «Денисовская». В настоящее время появилась необходимость привести борт разреза в безопасное состояние и защитить устья горных выработок от деформаций массива горных пород.

Борт разреза представлен крепкими скальными породами с сильнорасчлененным рельефом, повышенной трещиноватостью, блочной структурой и с пологим углом залегания слоев (3-5°). Район шахтного поля характеризуется резко континентальным климатом с суровой продолжительной зимой и коротким относительно жарким летом. Условия отработки осложняются тем, что выработки находятся в зоне многолетней мерзлоты.

В соответствии с выполненными расчетами согласно [1, 3, 4, 5], откос отработанного борта обеспечен нормативным запасом устойчивости ($\eta \geq 1,2$). Однако из-за значительного влияния процессов выветривания, воздействия подземных и поверхностных вод на борт разреза, климатических условий и подработки борта подземными горными выработками на откосе имеются видимые призна-

ки оползневых явлений. Также у подножия борта разреза наблюдаются накопленные обвальные и осыпные отложения в виде нагромождения глыб, щебня и мелкообломочного материала, что свидетельствует о необходимости проведения защитных мероприятий склона.

Проанализировав горно-геологические и горнотехнические условия шахты «Денисовская», специалистами компании ООО НИЦ-ИПГП «РАНК» было разработано несколько наиболее эффективных мероприятий для приведения борта разреза в безопасное состояние для данных горно-геологических условий:

- укрепление борта разреза с использованием канатно-анкерной системы;
- формирование улавливающих сооружений;
- строительство нагорной канавы для водоотведения.

УКРЕПЛЕНИЕ БОРТА РАЗРЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАНАТНО-АНКЕРНЫХ СИСТЕМ

Канатно-анкерная система представляет собой сеть из стальных канатов, на точках пересечения которых устанавливаются зажимы, закрепляемые к склону анкерами. Таким образом, система плотно прилегает к склону и фиксирует крупные фрагменты горных пород, предотвращая падение свободных обломков пород и обеспечивая укрепление борта разреза. Канатно-анкерная система применяется на склонах, где существует опасность возникновения камнепадов и вывала горной массы, а также при интенсивных взрывных горных работах. Основным преимуществом данного укрепления является безопасное и надежное поддержание закрепленного участка на весь срок его эксплуатации.



Рис. 1. Закрепление скального массива с использованием канатно-анкерной системы

Пример закрепления скального массива канатно-анкерной системой показан на *рис. 1*.

Расчет параметров канатно-анкерной системы крепления борта разреза для условий шахты «Денисовская» производился в соответствии с «Методическими рекомендациями по выбору и расчету параметров канатно-сетчатых и канатно-анкерных систем для крепления приконтурного массива откосов», разработанными на основе [6, 7, 8, 9, 10, 11].

Полученная схема канатно-анкерной системы включает в себя анкер типа АКМ 20.01-АВ диаметром 20 мм с плотностью установки 0,95 ед./м². Длина анкера с учетом выступающей части составила 3,7 м. Для объединения анкеров в единую систему предлагается использовать стальной канат диаметром 12 мм с шагом установки 1,0 м.

На *рис. 2* представлена типовая схема укрепления борта разреза канатно-анкерной системой.

Преимущества укрепления откоса с использованием данной системы: предотвращение камнепадов и обвалов пород; укрепление борта разреза, ослабленного трещинами; защита устьев горных выработок; эффективная стабилизация борта разреза и укрепление отдельно лежащих камней на его поверхности.

Недостатками применения данной системы являются: высокие материальные затраты; трудоемкость выполнения работ; необходимость специальных навыков и оборудования.

ФОРМИРОВАНИЕ УЛАВЛИВАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ

Для приведения борта разреза в безопасное состояние рассмотрен вариант с формированием улавливающей полки, при реализации которой сопутствующим эффектом является выколаживание угла борта откоса, за счет чего повышается его устойчивость.

Улавливающие устройства и сооружения применяют для защиты борта разреза и устьев горных выработок от воздействия осыпей, вывалов, падения отдельных обломков, а также небольших обвалов.

С целью определения опасных зон падения обломков вблизи устьев стволов, на основе [6], были определены расчетные скорости движения обломков горных пород и полная длина их скачка. По результатам проведенных расчетов, расстояние опасной зоны от оси устья каждого ствола составило 25 м.

Для производства работ по формированию улавливающей полки на шахте «Денисовская» планируется использовать экскаватор Volvo EC220D. Согласно п. 39 [12]

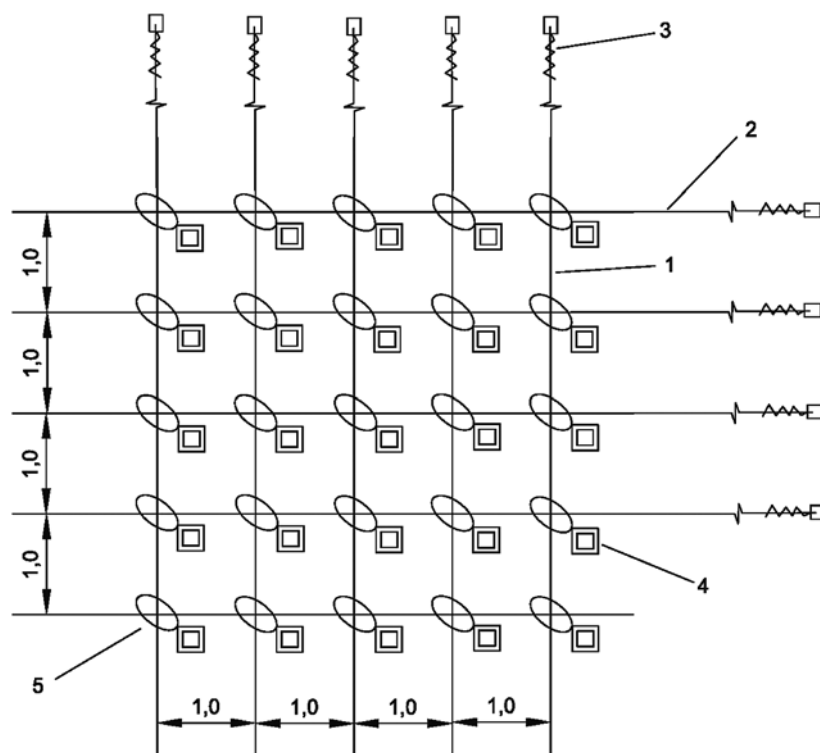


Рис. 2. Схема устройства канатно-анкерной системы: 1 – вертикальный стальной канат (Ø 12 мм); 2 – горизонтальный стальной канат; 3 – концевая счалка; 4 – скальный анкер; 5 – крестовый анкерный зажим

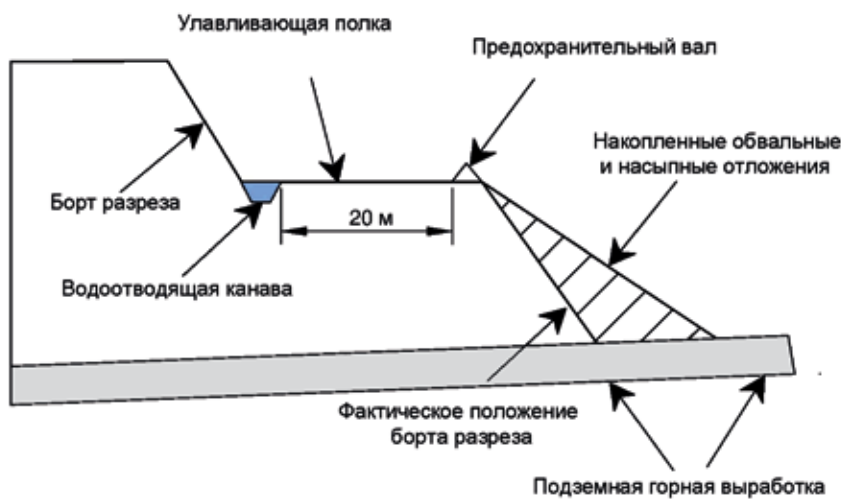


Рис. 3. Схема профиля борта разреза с улавливающей полкой

высота уступа, с применением гидравлических экскаваторов, должна определяться с учетом траектории движения рабочего органа (ковша) экскаватора, исходя из этого, высота улавливающей полки принимается равной 12 м.

Ширина улавливающей полки складывается из ширины водоотводящей канавы, полосы для маневрирования экскаватора и ширины предохранительного вала. Высота вала, исходя из наблюдений за высотой подскока камней (кусков), принимается не менее 1,0 м. Ширина полосы для маневрирования с учетом технических характеристик экскаватора равна 20 м (*рис. 3*).

СТРОИТЕЛЬСТВО НАГОРНОЙ КАНАВЫ ДЛЯ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Влияние подземных и поверхностных вод на устойчивость откоса проявляется: в изменении напряженно-состояния пород, в фильтрационных деформациях, в процессах выщелачивания и растворения горных пород, а также в изменении их механических свойств.

С целью замедления процессов выветривания горных пород, слагающих борт, обеспечения безопасности ведения горных работ, а также снижения риска смыва ливневых и талых вод в горные выработки необходимо строительство нагорной канавы для водоотведения (рис. 4).

Для планирования стока дождевых и талых вод по нагорной канаве была проведена оценка рельефа поверхности борта разреза, определены его высотные отметки, а также рассчитан максимальный расход ливневого стока. С целью предотвращения размыва борта разреза предусматривается строительство бетонных или железобетонных стоков (водостоков, желобов), а также формирование пруда-отстойника. Для условий шахты «Денисовская» разработана схема профиля борта разреза с использованием нагорных канав для водоотведения (рис. 5).

Для приведения борта разреза в безопасное состояние и защиты устьев горных выработок от воздействия осыпей в данной работе были рассмотрены следующие варианты мероприятий: укрепление борта разреза с использовани-



Рис. 4. Строительство нагорной канавы

ем канатно-анкерной системы, формирование улавливающей полки и строительство нагорной канавы для водоотведения.

Укрепление борта разреза с использованием канатно-анкерной системы позволит обеспечить максимальное укрепление борта и его эффективную стабилизацию, а также укрепит отдельно лежащие камни на его поверхности и тем самым повысит его устойчивость. Применение данного укрепления имеет ряд недостатков, которые могут привести к значительным финансовым затратам: трудоемкость в установке и обслуживании системы, наличие специальных навыков и дополнительного оборудо-

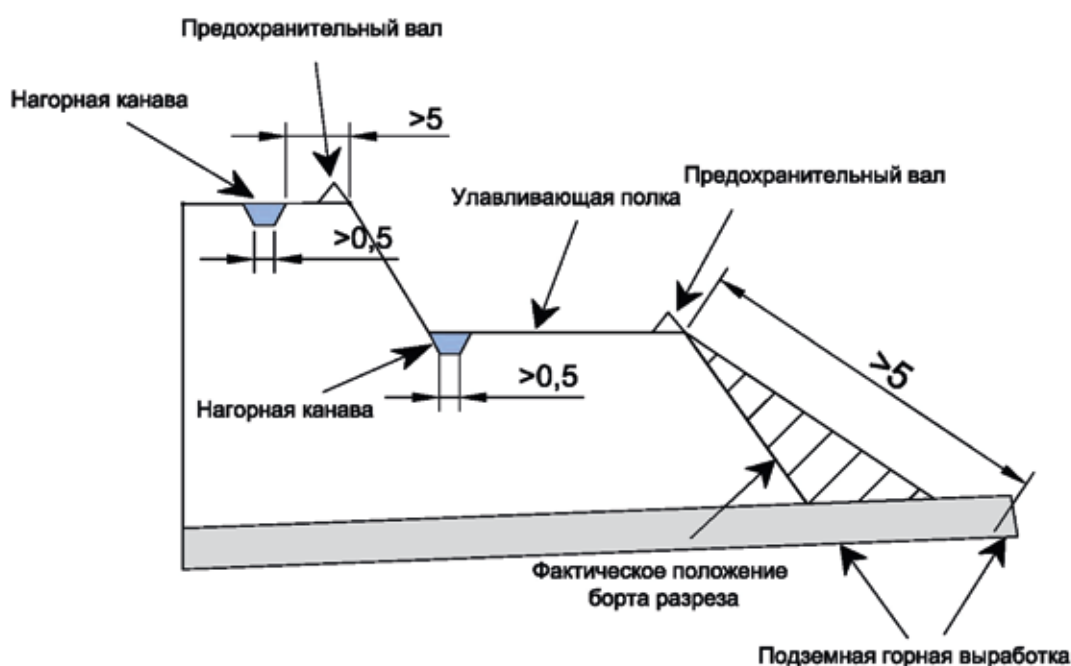


Рис. 5. Схема профиля борта разреза с канавой для водоотведения

вания, высокая стоимость используемых материалов и оборудования.

Формирование улавливающей полки на борту разреза исключит возможность перелета и выскакивания скальных обломков, падающих со склона, и тем самым защитит устья горных выработок от воздействия осыпей и вывалов.

Строительство нагорной канавы для водоотведения предотвратит снижение риска смыва ливневых и талых вод в горные выработки.

ВЫВОДЫ

1. При разработке мероприятий по обеспечению безопасности и устойчивости бортов разреза, его уступов, а также отдельных склонов необходимо оценивать все имеющиеся факторы и степень их влияния на безопасность ведения горных работ. Применяемые мероприятия по укреплению и повышению устойчивости бортов, а также меры предупреждения оползневых явлений и борьбы с ними должны учитывать максимальную эффективность и экономическую целесообразность для горнодобывающего предприятия.

2. Проанализировав существующие горно-геологические и горнотехнические условия шахты «Денисовская», а также оценив значительное влияние дождевых и талых вод на борт разреза, пришли к выводу, что наиболее эффективным вариантом защиты устья горных выработок является формирование улавливающей полки в комбинации с канавой для водоотведения.

3. Разработанные мероприятия по формированию улавливающей полки в комбинации с канавой для водоотведения позволят:

- обеспечить повышение уровня безопасности при ведении горных работ за счет замедления процессов выветривания;
- защитить устья горных выработок и борт разреза от воздействия осыпей, вывалов и падения отдельных обломков;
- значительно повысить устойчивость борта разреза;
- предотвратить риски смыва ливневых и талых вод в горные выработки и тем самым обеспечить их безаварийное поддержание на весь срок службы.

Список литературы

1. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. Постановление Госгортехнадзора России от 16.03.1998. № 12.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ при комбинированной (совмещенной) разработке рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых (РД 06-174-97). М.: ЗАО «Научно-технический центр исследования проблем промышленной безопасности», 2016. 32 с.
3. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. Л., 1972.
4. Barron K., Coates D.F., Gyange M. Support for Pit Slopes // Canad. Mining and Met. Bull. 1971. N 10.
5. Geomechanical Stability of Slopes of the Surface Coal Mines of the Main / Idaver Huseini, Nexhmi Krasniqi, Jonuz Memeti et al. // Jurnal Int. Environmental Application & Science. 2016. Vol. 11(1). P. 26-30.
6. Руководство по проектированию противооползневых и противообвальных защитных сооружений. Проектирование противообвальных защитных сооружений. М.: ЦНИИС Минтрансстроя, 1983.
7. ОДМ 218.2.051-2015 Рекомендации по проектированию и расчету противообвальных сооружений на автомобильных дорогах. М.: ООО «НТЦ ГеоПроект», 2015. 107 с.
8. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003.
9. Фисенко Г.Л., Ревазов М.А., Галустьян Э.Л. Укрепление откосов в карьерах. М.: Недра, 1974.
10. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М.: Недра, 1965.
11. Молчанов А.М., Попов В.Н., Еремин Г.М. Определение параметров бортов карьеров и поддержание их в устойчивом состоянии. М.: Горная книга, 2014.
12. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом», приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 ноября 2017 г. № 488. М., 2019.

MINING WORKS

Original Paper

UDC [622.271+622.272]:622.281.74 © T.S. Rybak, A.S. Ivanov, M.Yu. Perezhigalsky, E.V. Aushev, M.V. Lysenko, 2021
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 5, pp. 26-31
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-5-26-31>

Title

METHODS TO PROTECT THE MOUTH OF MAJOR OPENINGS DRIVEN FROM THE OPEN-PIT WALLS WHEN STARTING UNDERGROUND MINING

Authors

Rybak T.S.¹, Ivanov A.S.², Perezhigalsky M.Yu.¹, Aushev E.V.¹, Lysenko M.V.¹

¹ NITS-IPGP "RANK" LLC [Scientific Research Center – Institute of Design of Mining Enterprises "RANK"], Novosibirsk, 630090, Russian Federation

² GOK Denisovskiy JSC, Neryungri, 678960, Russian Federation

Author's Information

Rybak T.S., Specialist for Research
Ivanov A.S., Deputy Director for Development

Perezhigalsky M. Yu., Head of Research department

Aushev E.V., Head of Innovation Development, e-mail: AushevEV@rank42.ru

Lysenko M.V., Deputy Director for Research, e-mail: Limak2@yandex.ru

Abstract

The paper examines factors affecting the open pit wall stability using examples from the Denisovskaya mine. The need and relevance of additional measures to ensure stability of the pit walls as well as protection of the mouth of major openings are analyzed. The most effective measures are developed to bring the pit wall in a safe condition and to protect the mouths of mine workings for the given mining and geological conditions.

Keywords

Protection of mine working mouth, Pit wall stability, Surface mining, Underground mining, Safety, Cable bolting system, Catching structures.

References

1. Rules for ensuring slope stability in coal mines. Resolution of Gosgortekhnadzor of Russia dated 16.03.1998. No.12. (In Russ.).
2. Guidelines for safe mining operations in combined mining of ore and non-metallic mineral deposits (RD 06-174-97). Moscow, Scientific Technical Center of Industrial Safety Problems Research CJSC, 2016, 32 p. (In Russ.).
3. Methodological guidelines for determining slope angles of walls, benches and waste dumps in open pits under construction and in operation. Leningrad, 1972 (in Russ.).
4. Barron K., Coates D.F. & Gyange M. Support for Pit. Slopes. *Canad. Mining and Met. Bull.*, 1971, No. 10.
5. Idaver Huseini, Nexhmi Krasniqi, Jonuz Memeti et al. Geomechanical Stability of Slopes of the Surface Coal Mines of the Main. *Jurnal Int. Environmental Application & Science*, 2016, Vol. 11(1), pp. 26-30.
6. Guidelines for designing landslide and rockfall protection structures. Design of rockfall protection structures. Moscow, TSNIIS of the Ministry of Transport Construction, 1983 (in Russ.).

7. ODM 218.2.051-2015 Recommendations for designing and calculation of rockfall protection structures on motor roads. Moscow, TEC GeoProekt LLC, 2015, 107 p. (In Russ.).
8. SP 116.13330.2012 Engineering protection of territories, buildings and structures from dangerous geological processes. Basic principles. Updated version of SNIIP 22-02-2003. (In Russ.).
9. Fisenko G.L., Revazov M.A., Galustyan E.L. Slope protection in open-pits. Moscow, Nedra Publ., 1974 (In Russ.).
10. Fisenko G.L. Stability of open-pit walls and waste dumps. Moscow, Nedra Publ., 1965 (In Russ.).
11. Molchanov A.M., Popov V.N., Eremin G.M. Determination of pit wall parameters and maintenance of their stability. Moscow, Gornaya Kniga Publ., 2014 (In Russ.).
12. "Safety rules for open pit coal mining" Federal Norms and Rules in Industrial Safety, Order of the Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service as of November 20, 2017, No. 488. Moscow, 2019 (In Russ.).

For citation

Rybak T.S., Ivanov A.S., Perezhigalsky M.Yu., Aushev E.V. & Lysenko M.V. Methods to protect the mouth of major openings driven from the open-pit walls when starting underground mining. *Ugol*, 2021, (5), pp. 26-31. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-26-31.

Paper info

Received March 10, 2021

Reviewed March 30, 2021

Accepted April 15, 2021