исследовательских работ в направлении уменьшения антропогенного воздействия не только на водоемы, но и на всю окружающую среду.

1. Администрация муниципального образования города Гусь-Хрустальный: официальный сайт. – Гусь-Хрустальный. - URL: <http://gusadmin.ru/gh/ecology/water-bodies-of-the-city/> (дата обращения: 02.11.2021). - Текст : электронный.
2. Антропогенное воздействие на водные объекты. - Текст : электронный // Научно-популярная энциклопедия «Вода России». - URL: https://water-ru.ru/Глоссарий/4157/Антропогенное_воздействие_на_водные_объекты (дата обращения: 03.11.2021).
3. Головачева Н.А. Опыт стран европейского союза в защите земель от воздействия сточных вод и безопасного применения осадка / Н.А. Головачева, Л.Ф. Пономарева, Е.В. Кузнецова, И.А. Гордеев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 7. С. 43-50.
4. Головачева Н.А. Оценка качества проб воды на станции водоподготовки на соответствие гост и нормативам экологической безопасности водопользования / Н.А. Головачева, Н.А. Колосов, А.Ю. Озов, Ю.А. Головачева // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 62-1. С. 11-15.
5. Официальный сайт города Гусь-Хрустальный : официальный сайт. – 2021. - URL: <https://gus-info.ru/news/16829-v-gus-hrustalnom-nachali-razrabotku-proekta-ochistki-rusla-reki-gus> (дата обращения: 02.11.2021).
6. Шарапова Е.А. Оценка состояния поверхностных вод Владимирской области // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. 2014. №5. Т. 19. С. 1474-1476.
7. Golovacheva, N., Bychkova, L., Brezhnev, L., Ivanova, Y., & Klimov, V. (2020). Study of the effect of feed zeolites supplements of the Kholinsky deposit on hematological parameters of representatives of the Leporidae family. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 421. 032027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/421/3/032>

Качаев А.В., Малинин Ю.А., Гриб Г.В., Редлих Э.Ф., Балыков О.А.

Оценка устойчивости пород в бортах проектируемого разреза в условиях многолетней мерзлоты

Технический институт (ф) Северо-Восточного федерального университета в им. М.К.

Аммосова

(Россия, Нерюнгри)

doi: 10.18411/trnio-12-2021-331

Аннотация

В статье рассмотрены физико-механические свойства (ФМС) горных пород Белогорского месторождения в талом и мерзлом состоянии, выполнено их количественное сопоставление. Выполнен расчет устойчивости пород в бортах проектируемого разреза по двум методикам и показана сходимость коэффициентов запаса устойчивости по этим методикам. На основании полученных результатов ФМС рассчитаны углы устойчивых откосов для талого и мерзлого состояния горных пород. В мерзлом состоянии примерно углы круче на 10°, чем по образцам в талом. Отмечено, что в процессе разработки многолетней мерзлоты не будет деградировать, и поэтому наиболее эффективно при строительстве разреза, для расчета устойчивости пород использовать показатели ФМС в мерзлом состоянии.

Ключевые слова: физико-механические свойства, многолетнемерзлые породы, устойчивость пород в бортах угольного разреза.

Abstract

The article addresses the physical and mechanical properties of Belogorskoye deposit rocks in thawed and frozen state; quantitative comparison has been performed. The stability of rocks within the edges of the projected opencast was calculated using two methods and the convergence of the safety factors by these methods was shown. On the basis of the physical and mechanical results obtained, the angles of stable slopes for the thawed and frozen state of rocks were calculated. In the frozen state, the angles are steeper than the thawed specimen by approximately 10°. It is

noted that during exploitation permafrost will not degrade; hence the most effective for opencast construction is to calculate rock stability using frozen state physical and mechanical indicators.

Keywords: physical and mechanical properties, permafrost rocks, coal opencast edges rock stability.

Эффективность и безопасность разработки месторождения в значительной мере зависят от надежности исходных данных, принятых при проектировании карьеров и используемых в период их строительства и эксплуатации.

Основными факторами, определяющими устойчивость пород в бортах карьеров, являются:

- геологическое строение месторождения;
- прочностные свойства горных пород;
- гидрогеологические условия месторождения;
- трещиноватость породного массива;
- напряженное состояние горных пород в массиве.

Белогорское месторождение находится в юго-восточной части Сангарского угленосного района и приурочено к правобережью р. Лены. Мироновский участок является западной частью Белогорского месторождения и располагается в 20 км к востоку от пос. Сангар (рисунок 1).

В геоморфологическом отношении участок работ приурочен к возвышенности цокольной террасы Лены (+100-170м.) и ее поймы (+80).

В строении месторождения участвуют нижнемеловые образования безугольных экзеньхской, аграфеновской и угленосной хатырыкской свит.

Рисунок 1. Обзорная схема изучаемого района

Вмещающие породы представлены, в основном, песчаниками разномерными, реже алевролитами, повсеместно перекрытыми отложениями четвертичного возраста, сложенными супесями, галечниками, валунно-галечниковыми отложениями мощностью 2,5-17,0 м. На участке преимущественно развиты мелкозернистые и среднезернистые песчаники, алевролиты и крупнозернистые песчаники имеют резко подчиненное значение. Породы, в основном, слабосцементированные.

Многолетнемерзлые породы развиты повсеместно, мощность их на участке работ достигает 250-300 м.

В тектоническом отношении на рассматриваемом участке непосредственно нарушений не установлено. Однако не исключаются в зоне перегиба развитие малоамплитудной разрывной тектоники.

Трещиноватость вскрышного породного массива участка, определенного под открытую разработку, оценивалась по инженерно-геологической документации керна геологоразведочных скважин. Этот показатель оценивался количеством трещин на 1 пог. м. геологоразведочной скважины (коэффициент трещиноватости – $K_{тр}$). Преимущественное развитие имеют породы сильнотрещиноватые и трещиноватые. Коэффициент трещиноватости изменяется для участка от 2 до 5.0 тр./метр. и более.

Для всех пород месторождения характерно увеличение трещиноватости пород в направлении уменьшения зернистости, т.е. наиболее трещиноватыми являются тонкозернистые разности, для которых характерно расслоение на плитки по контактам напластования. Толщина плиток составляет в среднем 0.5 – 3 мм. При расчетах трещиноватость пород принималась от 5 до 10 тр/м.

Преобладают трещины с углами 15-20 градусов (до 60%), и хаотичные (25%), весьма редкие трещины с углами падения 80 градусов.

По керну разведочных скважин наблюдаются трещины заполненные льдом, глинистым материалом и углистым веществом. Мощность заполнителя 1.5 – 5 мм.

Водоустойчивость горных пород, слагающих выделенные участки месторождения охарактеризована величиной коэффициента водопрочности (размокание) для самых распространенных пород месторождения мелкозернистых песчаников (47%), среднее значение которого составляет 0.5. Это означает, что при насыщения пород водой их прочность уменьшается в два раза [1].

Рассмотрим устойчивость горных пород в бортах проектируемого разреза по двум методическим рекомендациям [2-3].

Устойчивость горных пород основных литологических разностей в открытых горных выработках оценена в соответствии с рекомендациями ВСЕГИНГЕО [2] по формуле:

$$\text{коэффициент устойчивости} \quad K_y = K_{ур} \times K_{тр} \times K_a,$$

$$\text{где} \quad K_{ур} = \frac{\sigma_{сж}}{g \times \delta_{пм} \times H} = \text{коэффициент, учитывающий напряженное состояние}$$

горных пород в массиве;

$K_{тр} = Q \times L$ - коэффициент структурно-текстурного ослабления определяется по данным таблицы 1;

Q – коэффициент трещиноватости;

L – коэффициент слоистости;

K_a - коэффициент анизотропии, на месторождении не оценен;

$\sigma_{сж}$ [МПа]- предел прочности при одноосном сжатии пород, высушенных до постоянной массы;

$\delta_{пм}$ [т/м³] - плотность пород, высушенных до постоянной массы;

$g = 9.8 \text{ м/с}^2$ - ускорение силы тяжести;

H - глубина залегания, м;

Таблица 1

Коэффициенты структурного и текстурного ослабления пород

Трещиноватость		Слоистость	
Характеристика пород	Q	Характеристика пород	L
Нетрещиноватые	1,0	Без слоистости	1,0
Слаботрещиноватые (1-2 тр./м)	0,8	Слабослоистые (2-3 сл./м)	0,9
Трещиноватые (3-5 тр./м)	0,7	Слоистые (3-5 сл./м)	0,85
Сильнотрещиноватые (>5тр./м)	0,6	Сильнослоистые (>5 сл./м)	0,75

При оценке устойчивости по методике ВСЕГИНГЕО [2] слоистость алевролитов принималась 2–3 слоя на 1 метр, а для песчаников различного гранулометрического состава без слоистости.

По коэффициенту устойчивости породы делятся на весьма неустойчивые ($K_y < 0.5$), неустойчивые ($K_y = 0.5-1$), относительно устойчивые ($K_y = 1-1.5$), устойчивые ($K_y = 1.5-2$) и весьма устойчивые ($K_y > 2$).

В результате проведенных расчетов (таблице 2), все породы, за исключением алевролитов, характеризуются относительно устойчивым и, алевролиты - неустойчивым состоянием.

Таблица 2

Коэффициент устойчивости горных пород (основных литотипов) Белогорского месторождения (по методике ВСЕГИНГЕО)

Литотип	Коэффициент устойчивости
Алевролит	0,60
Песчаник тонкозернистый	1,0
Песчаник мелкозернистый	1,21
Песчаник среднезернистый	1,34

Породы участка «Мироновский» согласно классификации ВНИМИ [4], можно отнести ко второму типу средней крепости (полускальных) горных пород. В пределах этой классификации необходимо отметить, что при отсутствии поверхностей ослабления большого протяжения, падающих в сторону карьера, ориентировочные величины углов наклона бортов карьера составят 38-45градусов.

По методическим указаниям ВНИМИ [3] для рабочих бортов карьера, необходимо применять коэффициент запаса устойчивости равный 1.20, для нерабочих бортов, сложенных трещиноватыми породами со сроком стояния более 5 лет, рекомендуется коэффициент запаса устойчивости 1.30.

Устойчивость блока, расположенного на наклонной плоскости, определяется коэффициентом запаса устойчивости.

Обеспечение устойчивости откосов уступов и бортов карьеров является одним из главных вопросов горного дела. Увеличение добычи полезных ископаемых открытым способом требует обстоятельного решения вопросов предупреждения деформаций стационарных откосов во взаимосвязи с проблемой определения физико-механических свойств горных пород в массиве.

Устойчивость горных пород в бортах будущего карьера обработки участка «Мироновский» Белогорского месторождения, предполагаемого под открытую разработку, производилось путем расчетов параметров устойчивого откоса бортов по зависимостям угла наклона устойчивого откоса от его высоты.

Принимая во внимание анализ инженерно-геологических условий участков месторождения, расчеты проводились по схеме однородного откоса с использованием графика плоского откоса Г.Л. Фисенко [3] по формуле:

$$H_{90} = \frac{2 \times C_n}{\delta \times g} \times \operatorname{tg}(45^\circ + \varphi_n / 2)$$

где H_{90} [м] – глубина трещины отрыва; δ – объемная плотность пород, кг/м^3 ;

C_n – величина сцепления горных пород в массиве, Па;

φ_n – значение угла внутреннего трения в массиве, град.;

Характеристики физико-механических свойств вскрышного породного массива усреднялись пропорционально мощности отдельных литологических разновидностей.

Характер изменения угла наклона устойчивого откоса в зависимости от его высоты и оценивался для наиболее распространенных литотипов пород, а также обобщенного разреза вскрыши участка, предназначенного под открытую разработку. При расчетах применялся коэффициент запаса устойчивости, рекомендуемый в работе [4], для рабочих бортов равный 1.2.

Обобщенный разрез составлен на основе процентного содержания основных литологических типов пород по участкам.

Участок вскрыши: песчаник среднезернистый – 47 %; песчаник мелкозернистый – 16 %; песчаник тонкозернистый – 5.6 %; алевролит – 2.3%. На долю угля приходится 29.1 %.

Традиционный расчет предельной высоты откоса по методике ВНИМИ [4], необходимой для оценки углов устойчивости откосов производится с использованием физико-механических свойств по лабораторным данным, определенных на образцах высушенной до постоянной массы. В связи с тем, что весь массив вскрышных пород, проектируемого карьера, находится постоянно в мерзлом состоянии и при его отработке, прогрессирующего протаивания пород рабочего борта наблюдаться не будет. Экспериментально были изучены физико-механические свойства талых и мерзлых литотипов пород вскрыши. Сопоставление прочностных свойств, обобщенного разреза, пород вскрыши в мерзлом и талом состоянии приведены на рисунке 2.

Рисунок 2. Значения прочностных свойств в мерзлом и талом состоянии для обобщенного разреза

Выполним расчет предельной высоты откоса по методике ВНИМИ [3], для физико-механических свойств, определенных на образцах в мерзлом состоянии. Увеличение прочностных свойств в мерзлом состоянии приводит к увеличению глубины трещины отрыва (таблица 3) и соответственно углов устойчивых откосов (рисунок 3).

Таблица 3

Результаты оценки глубины трещины отрыва

Обобщённый разрез	$\delta_{плм}$ кг/м ³	$\sigma_{сж}$ МПа	$\sigma_{р}$ МПа	$K_{хр}$	C , МПа	φ , градус	H_{90} $n=1.2$
По образцам вскрышных пород высушенные до постоянной массы	1971	2,6	0,6	11,8	0,79	27,8	8,24
По образцам вскрышных пород в мерзлом состоянии	1971	4,64	1,0	11,8	1,37	28,8	14,66

Результаты оценки углов устойчивых откосов, рассчитанных по физико-механическим свойствам, определенным в тал и мерзлом состоянии приведены на рисунке 3.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, о том, что углы устойчивых откосов, определенные по физико-механическим свойствам, в мерзлом состоянии примерно круче на 10°, чем по образцам в талом.

Геокриологические условия отработки Мироновского участка Белогорского месторождения, позволят принять повышенные углы откосов рабочего борта карьера, что в свою очередь отразится на объеме вскрыши при угледобычи.

Рисунок 3. Углы устойчивых откосов для обобщенного разреза вскрышных пород участка Мироновский, рассчитанные по прочностным свойствам пород в сухом и мерзлом состоянии

Анализируя характеристики физико-механических свойств пород, которые колеблются по прочности на одноосное сжатие от 0.2 до 12 МПа, на одноосное растяжение

от 0.1 до 2.9 МПа, а углы внутреннего трения от 22 до 36 при сцеплении от 0.1 до 2.1 МПа и их можно отнести ко второму типу полускальных пород средней и малой прочности. По трещиноватости горные породы месторождения оценены как трещиноватые и сильнотрещиноватые.

Анализируя расчетные значения углов наклона борта карьера, оцененные для и обобщенного разреза, по традиционной методике ВНИМИ [4], рекомендуется принять наклон рабочего борта карьера при его глубине 50 м не выше 48 градусов. Уступы при отработке глубиной по 25 метров могут иметь наклон более 60 градусов.

Принимая во внимание геокриологические условия вскрышных пород будущего карьера, угол устойчивого откоса принимает большее значение. Наклон рабочего борта карьера, при его глубине 50 м можно увеличить до 55 градусов, а для уступов глубиной 25 м – 71 градус.

На практике часто самым достоверным способом оценки параметров будущего карьера является «способ аналогии». Участок «Мироновский» расположен в аналогичных условиях с Кангаласским месторождением, где добыча угля производится по двум пластам по их простирацию. Отработка залежи осуществляется тремя уступами – вскрышным и двумя добычными. Высота вскрышного уступа 30 м, высота добычных соответствует мощности пластов (4-5 м. и 8-12 м.). Максимальная глубина карьера – 50 м. Угол наклона угольных уступов 80 градусов, вскрышных уступов рабочего борта карьера – 67-70 градусов.

1. Гриб Н.Н., Самохин А.В. Физико-механические свойства вмещающих пород Южно-Якутского бассейна. Новосибирск: Наука. Сиб. Предприятие РАН, 1999. – 240 с.
2. Инструкция и методические рекомендации по изучению инженерно-геологических свойств боковых пород и прогнозу их устойчивости на угольных месторождениях. — М.: ВСЕГИНГЕО, 1982. - 94 с.
3. Методическое пособие по определению углов откосов уступов и углов наклона бортов карьеров, сложенных многолетнемерзлыми породами / М-во угольной пром-сти СССР. Всесоюз. НИИ горной геомеханики и маркшейдерского дела ВНИМИ. - Л., 1972. - 102 с.; 2 л. табл. (pdf.standartgost.ru/catalog/Data2/1/4293746/4293746242.pdf).
4. Методическое указание по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. - Л.: ВНИМИ, 1972.-165с. - <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294853/4294853734.pdf>.

Мушкаева З.Д., Отхонов Х.В., Чимидов О.Г., Шараев А.С.

Особенности распространения степных пожаров, способы и технология их тушения

*Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова
(Россия, Элиста)*

doi: 10.18411/trnio-12-2021-332

Аннотация

В настоящее время наблюдается явная тенденция к бессистемности пожаров. Такое отношение человека уже имеет определенные отрицательные последствия для существования растительного и животного мира. Огонь оказывает, прежде всего, существенное и всеобщее влияние на растительный покров любого региона, включая и дельту реки Волги и Нижнее Поволжье вообще с Калмыкией, для которой проблема пожаров, возникающих как по естественным природным причинам, так и в результате антропогенной деятельности, является весьма актуальной.

В связи с вышесказанным весьма актуальным представляется тема, связанная с особенностями тушения пожара на открытой местности.

Ключевые слова: пожар, степь, тушение пожаров.