УДК 550.8

ТИПИЗАЦИЯ УГЛЕВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД ЭЛЬГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ПАРАМЕТРУ УСТОЙЧИВОСТИ

Скоморошко Ю.Н., Гриб Н.Н., Кузнецов П.Ю.

Технический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Нерюнгри, e-mail: 24790@mail.ru

Представленные в статье исследования ориентированы на решение одной из актуальных проблем, возникающих при проектировании и строительстве горных предприятий по добыче полезных ископаемых – это достоверная оценка горно-геологические условий эксплуатации месторождения полезных ископаемых. Как показано в статье, наиболее оптимальное решение данной задачи достигается на детальной стадии геологоразведочных работ, предшествующей проектированию и строительству горного предприятия. Авторами на основании анализа теоретического и экспериментального материала установлено, что природная устойчивость углевмещающих пород зависит от следующих факторов: вещественный состав, прочностные свойств, глубина залегания, трещиноватость, обводненность, структурно-текстурные особенности, тектоническое строение, геокриологическая обстановка, условия залегания. Для прогнозирования поведения углевмещающих пород в горных выработках и их типизации с учетом выделенных факторов, авторами разработан комплексный параметр устойчивости, который является потенциальной характеристикой поведения пород в горном массиве при его разработке. На основании этого комплексного параметра произведена типизация горных пород Эльгинского каменноугольного месторождения по их устойчивости в горных выработках.

Ключевые слова: Эльгинское месторождение, горная порода, устойчивость горных пород, горная выработка, горно-геологические условия месторождения, трещиноватость, геокриологические условия, сейсмичность, коэффициент текстурно-структурного ослабления, параметр устойчивости

THE TYPIFICATION OF ELGA COAL RESOURCES ON THE BASIS OF THE COMPLEX STABILITY FACTOR

Skomoroshko Yu.N., Grib N.N., Kuznetsov P.Yu.

Technical Institute (branch) of North-Eastern Federal University after M.K. Ammosov, Neryungri, e-mail: 24790@mail.ru

The research described in this article is aimed at solving one of the most important problems that usually occurs at the stage of constructional design of a mining enterprise. Actually, it is the true estimation of geological and mining conditions of natural resources deposit exploitation. The article represents that the most optimal solution can be achieved at the detailed stage of geological prospecting before the constructional design of a mining enterprise itself. Using the theoretical and experimental data analysis it was stated that the natural stability of coal rock depends on the following factors: material composition, structural behavior, the depth of cover, fissuring, water-bearing, structure and texture peculiarities, tectonic constitution, permafrost conditions, and occurence conditions. In order to make a forecast of coal behavior in driftage and its typification, the authors of the article created a complex stability parameter which became the major characteristic of rock behavior in a massif when being opened. To define the rock formation stability in driftage, the rock typification at Elga coal deposit was made with the help of this complex parameter.

Keywords: Elga coal deposit, rock formation, rock stability, mine opening, mining and geological deposit conditions, fissuring, permafrost conditions, seismicity, texture and structure weakening ratio, stability factor

Для проектирования и строительства новых шахт и карьеров требуются большие капиталовложения. Поэтому очень важно по разведочным данным достоверно оценить горно-геологические условия их эксплуатации и, в частности, поведение пород в будущих горных выработках.

На стадии детальной геологической разведки месторождения производятся инженерно-геологические исследования, детальность которых определяется сложностью ожидаемых инженерно-геологических условий месторождения. Одной из основных задач инженерно-геологических исследований является получение материалов, на основе которых выполняется прогнозирование устойчивости пород месторождений при вскрытии их карьерами или подземными горными выработками. А это, в свою очередь, позволяет предусмотреть предупреждающие и защитные мероприятия на стадии проектирования горных выработок.

Природная устойчивость пород зависит от ряда факторов: вещественного состава, прочностных свойств, глубины залегания, трещиноватости, обводненности, мощности пластовой отдельности, условий залегания и др. Исследования вещественного состава горных пород и их физико-механических свойств по образцам, отобранным при бурении разведочных скважин, позволяют спрогнозировать возможные условия устойчивости горных пород в горных выработках [1].

По особенностям тектонического строения, выдержанности угольных пластов и другим особенностям геологического строения Эльгинское месторождение по сложности, согласно классификации ГКЗ МПР РФ, относится ко 2 группе месторождений.

Породы Северо-Западного участка Эльгинского месторождения по инженерно-геологическим свойствам относятся к двум генетическим типам. К первому типу относятся четвертичные рыхлые образования, ко второму типу – коренные породы.

Большая неоднородность геокриологических условий является особенностью Эльгинского каменноугольного месторождения. Многолетнемерзлые породы Эльгинского месторождения, как и в целом по бассейну, имеют прерывистое по площади и сплошное по вертикали распространение. Их мощность колеблется от нескольких десятков до 200 метров.

Четвертичные отложения находятся в многолетнемерзлом состоянии, поэтому при разработке в зимнее время необходимо будет применять предварительное рыхление буровзрывным способом. Из четвертичных образований практический интерес при оценке инженерно-геологических условий представляют ледниковые отложения, которые характеризуются нулевым сцеплением, угол внутреннего трения для них составляет 22,5 град. Они развиты в юго-восточной части месторождения и по долинам рек и ручьев в юго-западной и северо-восточной его частях. Мощность ледниковых отложений в долинах рек по периферии месторождения колеблется от 5 до 35 м, в юго-западной части она достигает 50–90 м. При их сезонной оттайке, которая составляет 1,5–2 м, будет иметь место локальное сползание бортов карьера. Переход от четвертичных отложений к коренным породам, как правило, резкий.

Коренные породы разреза представлены переслаивающимися крупно-, средне-, мелкозернистыми песчаниками с редкими прослоями алевролитов, которые зачастую приурочены к кровле и почве угольных пластов. Мощность прослоев алевролитов и их объем значительно увеличивается в разрезе нерюнгриканской свиты, особенно ниже пласта H_{15}. Гравелиты в разрезе встречаются в виде линз и тонких прослоев и пользуются ограниченным распространением. Прослои туфопесчаников в разрезе отложений имеют подчиненное значение, и при анализе устойчивости пород в откосах бортов карьера они относились к соответствующим литотипам по гранулометрическому признаку. В кровле пласта H_{16} залегает горизонт полимиктовых конгломератов мощностью от 15–20 до 30–40 м.

Анализ результатов определений физико-механических свойств пород позволяет отнести коренные углевмещающие породы ко 2-ой группе полускальных (средней прочности) горных пород.

На месторождении выявлено четыре крупно амплитудных нарушения: три сброса и один надвиг. Схема будущей отработки месторождения построена с учетом этих нарушений, таким образом, что их влияние на устойчивость рабочего борта карьера будет минимизировано.

Изучение интенсивности трещиноватости углевмещающих пород проводилось на всех стадиях разведки Эльгинского месторождения, в каждой геологоразведочной выработке. Кроме того, была проведена специальная инженерно-геологическая документация пород и углей по геологоразведочным скважинам и проанализирована степень трещиноватости пород на основе изучения полевой документации горных выработок [2].

На месторождении выявлено два типа трещин: трещины напластования, совпадающие со слоистостью (субгоризонтальные), заполненные органическим и глинистым веществом и тектонические трещины субвертикального направления, заполненные гидроокислами железа и карбонатными минералами. Что касается раздробленности пород, то количество столбиков керна, извлекаемого при бурении скважин на 1 пог. м увеличивается по мере приближения к зонам тектонических нарушений и иногда достигает 15–17.

Результаты изучения интенсивности трещиноватости массива и анизотропии приведены в табл. 1. Из приведенных данных следует, что наибольшая трещиноватость наблюдается в литологических слоях, сложенных алевролитами и мелкозернистыми песчаниками, а наименьшая – в слоях, сложенных крупнозернистыми песчаниками. Категория трещиноватости литологических слоев, сложенных конгломератами и гравелитами, оценена как слабая по аналогии с другими угольными месторождениями бассейна, так как из-за низкого выхода керна по конгломератам и гравелитам оценить их категорию трещиноватости, непосредственно по геологическому описанию, не представлялось возможным.

Таблица 1

Характеристика трещиноватости и коэффициента устойчивости вмещающих пород Эльгинского месторождения

Литотип	Коэфф. трещино-ватости 1/м	Коэффициент структурного ослабления	Коэффиц. текстурного ослабления	Коэффиц анизотропии	Коэффиц устойчивости
Алевролиты	3,7	0,7	0,90	0,97	1,577
Песчаник мелкозернистый	3,4	0,7	0,85	0,99	1,566
Песчаник среднезернистый	2,3	0,8	0,85	0,87	1,554
Песчаник крупно-зернистый	2,8	0,8	0,90	0,87	1,494
Конгломерат	1,4	0,9	1,00	0,59	1,370

Коэффициент анизотропии изучался на образцах кубической формы путем определения предела прочности на сжатие и замерам скорости прохождения упругих акустических волн вдоль и поперек напластования [3].

Анализ водоустойчивости и морозостойкости пород вскрыши позволяет рекомендовать использовать их большую часть (песчаники мелко-, средне- и крупнозернистые) для отсыпки дорог.

Для территории Эльгинского месторождения выполнено прогнозирование приращения сейсмических воздействий для площадки строительства горного предприятия [4]. В результате прямых инструментальных наблюдений и расчетов построены планы микросейсморайонирования по данным метода регистрации микросейсм и метода сейсмических жесткостей. По результатам исследований сейсмичность территории оценивается по уточненной исходной балльности площадки 7 баллов (по карте ОСР-97В для второй категории грунтов) степень сейсмической опасности площадки, для существующих на момент проведения изысканий грунтовых условий, оценивается в 6,87 балла (усредненный показатель). Это вызывает необходимость введения поправки при расчетах параметров борта будущего карьера в виде коэффициента запаса, учитывающего возможность возникновения сейсмических нагрузок. С учетом этого предельная высота уступов при прочих равных условиях снижается на 23 %.

Приведенные выше данные подтверждают установленные на других угольных месторождениях бассейна закономерности: интенсивность трещиноватости определяется в основном литологическим составом – чем больше крупность обломочного материала пород, тем меньше интенсивность трещиноватости массива, сложенного этой породой. Слоистость пород развита в алевролитах и в меньшей степени в песчаниках и чаще всего составляет от 1 до 5 слоев на 1 пог. м.

Все вышесказанное необходимо учесть при оценке пород по устойчивости в горных выработках при разработке Эльгинского угольного месторождения и их классификации по этому показателю.

Классификация по устойчивости основных литологических разностей пород в открытых горных выработках в соответствии с рекомендациями [5] производилась по коэффициенту устойчивости, рассчитанному по формуле

$$K_{у} = K_{ур} \cdot K_{тр} \cdot K_{а}, \quad (1)$$

где $K_{ур}$ – коэффициент, учитывающий напряженное состояние горных пород в массиве; $K_{тр}$ – коэффициент структурно-текстурного ослабления; $K_{а}$ – коэффициент анизотропии.

Коэффициент, учитывающий напряженное состояние горных пород в массиве, определяется по формуле

$$K_{ур} = \frac{\sigma_{сж}}{g \cdot \delta_{пм} \cdot H}, \quad (2)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности при одноосном сжатии пород, Мпа; $\delta_{пм}$ – плотность пород, высушенных до постоянной массы, т/м^3; H – глубина залегания, м; g – ускорение силы тяжести, м/с^2.

Коэффициент структурно-текстурного ослабления рассчитывается с учетом данных табл. 2 и исходя из выражения

$$K_{тр} = q \cdot L, \quad (3)$$

где q – показатель, определяемый по трещиноватости пород; L – показатель, определяемый по слоистости пород.

Таблица 2

Коэффициенты структурного и текстурного ослабления пород [6]

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

По коэффициенту устойчивости, согласно рекомендациям [1], породы делятся на весьма неустойчивые ($K_у < 0,5$), неустойчивые ($K_у = 0,5 – 1$), относительно устойчивые ($K_у = 1 – 1,5$), устойчивые ($K_у = 1,5 – 2$) и весьма устойчивые ($K_у > 2$). В результате выполненных расчетов все породы, за исключением конгломератов, характеризуются устойчивым состоянием, конгломераты – относительно устойчивым состоянием.

Известно, что величина сцепления горных пород в массиве меньше величины сцепления определенной на монолитных образцах породы. Величина коэффициента структурного ослабления определяется согласно эмпирической зависимости, установленной Г.Л. Фисенко [6]:

$$\lambda = \frac{1}{1 + a \cdot \ln\left(H \cdot K_{тр}\right)}. \qquad (3)$$

На рис. 1 приведены графики коэффициента структурного ослабления в зависимости от мощности вышележащей толщи (Н) для разных литотипов горных пород Эльгинского месторождения, построенные по результатам расчетов по формуле (4).

Определение величины сцепления горных пород в массиве ($C_м$) производится по формуле

$$C_м = \lambda \cdot C_о, \qquad (5)$$

где $C_о$ – величины сцепления горных пород в образце.

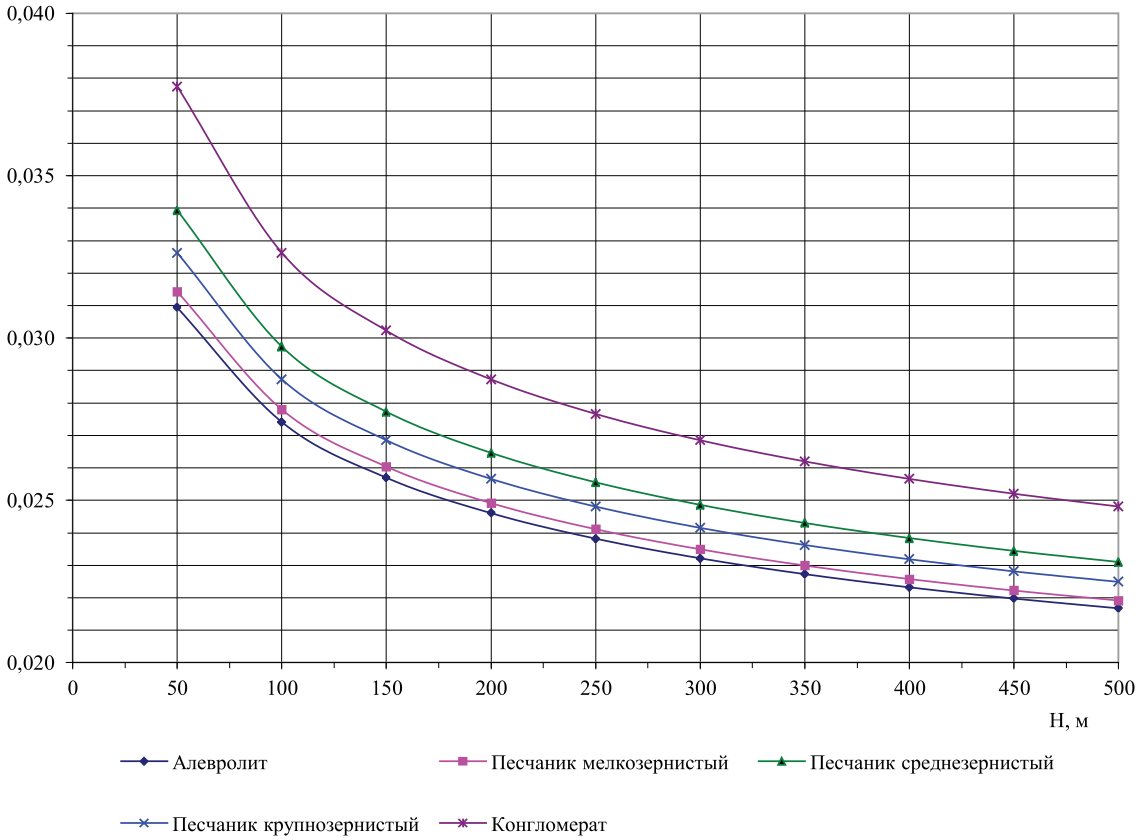

Рис. 1. Коэффициент структурного ослабления физико-механических свойств горных пород в массиве

В результате проведенных исследований и анализа фактического материала полученного при разведке Эльгинского каменноугольного месторождения, авторами был сделан вывод о том, что оценку устойчивости основных литотипов пород месторождения необходимо производить с использованием коэффициента структурного ослабления, рассчитанного по формуле (4), которая включает в себя мощность вышележащей толщи пород.

Авторами предлагается типизацию горных пород Эльгинского месторождения производить по параметру устойчивости, который, для основных литотипов, рассчитывается по формуле

$$П_у = K_а \cdot \lambda \cdot \frac{\sigma_{сж}}{g \cdot \delta_{ср} \cdot H}, \qquad (6)$$

где λ – коэффициент структурного ослабления рассчитанный по формуле (4); $\delta_{ср}$ – средневзвешенная плотность горных пород месторождения.

В табл. 3 представлена типизация горных пород Эльгинского месторождения по устойчивости их в горных выработках, согласно [1] классификации пород по устойчивости.

Необходимо отметить, что основные литологические типы пород в зависимости от глубины их залегания характеризуются различной степенью устойчивости (рис. 2).

Таблица 3

Типизация пород Эльгинского месторождения по устойчивости их в горных выработках

Значения Параметра устойчивости $П_у$	Характер устойчивости	Интервалы залегания литологических типов пород в массиве горных пород, м				
		Алевролит	Песч-к мелкозерн.	Песч-к среднезерн.	Песч-к крупнозерн.	Конгломерат
>2	Весьма устойчивое	0–65	0–70	0–65	0–55	---
1,5–2,0	Устойчивое	65–85	70–85	65–80	55–75	0–65
1,0–1,5	Относительно устойчивое	85–115	85–115	80–105	75–95	65–90
0,5–1,0	Неустойчивое	115–200	115–210	105–195	95–175	90–150
<0,5	Весьма неустойчивое	Более 200	Более 210	Более 195	Более 175	Более 150

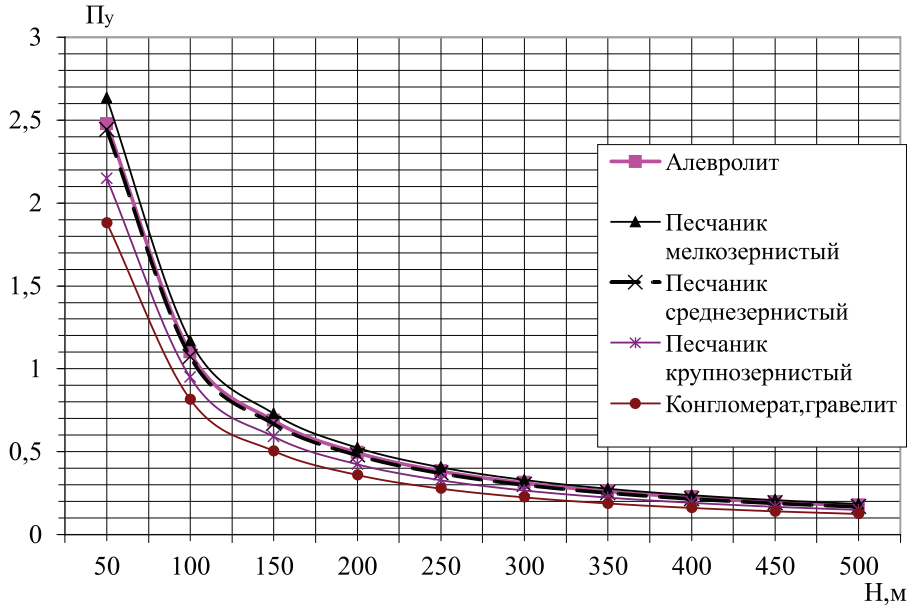

Рис. 2. Зависимость параметра устойчивости литотипов горных пород от глубины залегания

Таким образом, параметр устойчивости $П_у$ можно считать потенциальной характеристикой поведения литологического типа породы в горной выработке и предусматривать при проектировании горных выработок мероприятия по обеспечению их устойчивости в процессе отработки.

Список литературы

1. Малинин С.И. Опыт составления карт прогноза природной устойчивости пород по разведочным данным (на примере Донбасса) / С. И. Малинин. – М.: ЦНИЭИуголь, 1969. – 58 с.

2. Применение математического аппарата Марковской нелинейной статистики для оценки трещиноватости углевмещающих пород по геофизическим данным / Н.Н. Гриб [и др.] // Горный журнал. – 2004. – № 8. – С.87–89.

3. Гриб Н.Н. Физико-механические свойства углевмещающих пород Южно-Якутского бассейна / Н.Н. Гриб, А.В. Самохин. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. – 240 с.

4. Оценка сейсмической опасности района строительства Эльгинского угольного комплекса на юге Якутии по комплексу геолого-геофизических данных / Н.Н. Гриб [и др.] // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2014. – № 3. – С. 55–74.

5. Методическое руководство по изучению гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых. – М.: Недра, 1986. – 126 с.

6. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов и отвалов на разрезах / Г.Л. Фисенко, А.М. Мочалов. – М.: ЦНИЭИуголь, 1975. – 54 с.