Записки Санкт-Петербургского горного института им.Г.В.Плеханова
Т. 133. СПб, 1992

УДК 624.131.1:622.03

А.И.АРНАУТОВ

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ УСТОЙЧИВОСТИ КРОВЛИ ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК

Горючие сланцы являются важным перспективным энерготехнологическим сырьем, что обусловлено все возрастающим дефицитом данных ресурсов в европейской части России. В этом отношении наиболее перспективным является Волжский сланцевый бассейн, на базе которого возможно создание крупной сланцедобывающей промышленности с производственной мощностью в 20 млн.т. Поскольку добыча в настоящее время ведется только на Кашпирском месторождении, оно становится опытным полигоном для исследования и решения задач геологического и технологического характера. Ключевым вопросом инженерно-геологического обеспечения горных работ является оценка и прогноз процессов и явлений, происходящих в горных выработках в период их проходки и эксплуатации.

Вывалы в очистных выработках шахты отмечались на протяжении всего периода эксплуатации, но особенно участились при переходе на механизированную отработку и управление кровлей полным обрушением. Анализ имеющихся данных позволяет сделать вывод о приуроченности вывалов по площади к определенным участкам: зонам локального размыва глин ложной кровли и первого слоя сланца, причем максимальное количество вывалов происходит на участках фациального изменения строения фосфоритового слоя за счет появления в нем ослабленного глауконито-глинистого песчаника, переходящего иногда в алевритовую глину. Изменения наблюдаются при увеличении мощности первого слоя непосредственной кровли, а именно: пачки пород от подошвы фосфоритового слоя (нижнего) до подошвы ракушняка. Этот интервал назван "виргатитовой" пачкой (по характерной фауне)*. Увеличение мощности "виргатитовой" пачки сопровождается увеличением числа литологически разнородных слоев и все более четкой дифференциацией их прочности и плотности. Образование "аномального" разре-

* А р н а у т о в А.И. Прогнозирование опасных по вывалообразованию аномальных участков Кашпирского месторождения горючих сланцев // Гидрогеология, инженерная геология и охрана окружающей среды месторождений твердых полезных ископаемых: Тезисы докладов территориальной научно-техн. конф. / Свердловский горный ин-т. Свердловск, 1986. С. 21-22.

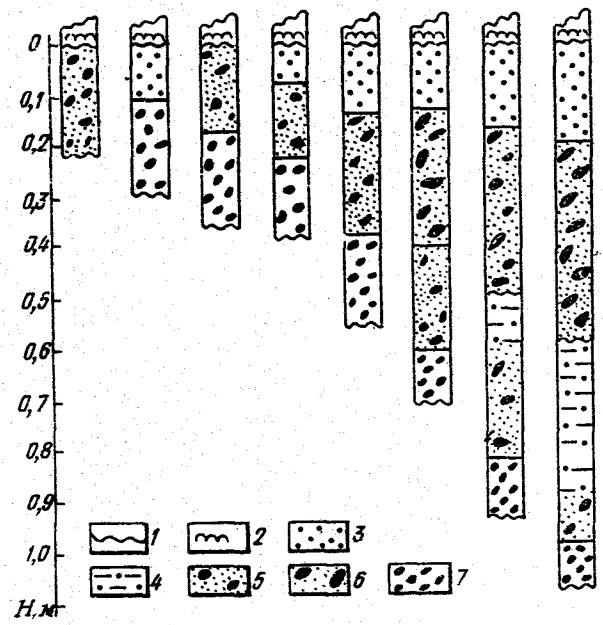


Рис.1. Типичные разрезы первого слоя непосредственной кровли горных выработок шахты "Кашпирская"
1 – плоскости отслоения; 2 – ракушняк; 3 – песчаник глауконитовый; 4 – песчаник глауконито-глинистый; 5 – песчаник глауконитовый с желваками фосфорита; 6 и 7 – фосфоритовый конгломерат с желваками диаметром соответственно 5-8 и 1-3 см

за с двумя фосфоритовыми слоями происходит при мощности пачки более 66 см (рис.I), а при мощности более 8I см различие в прочностных свойствах достигает такого состояния, что под действием опорного давления формируется плоскость отслоения на контакте глауконито-глинистого песчаника (иногда алевритовой глины) и второго фосфоритового слоя. Следовательно, при отработке участков с "аномальным" строением разреза кровли устойчивость ее будет определяться прочностью нижнего слоя, которая, в свою очередь, зависит от содержания пелитового вещества в виде цемента и примеси, оцениваемого мощностью "виргатитовой" пачки $M_в$ в сантиметрах. Так, зависимость прочности фосфоритового конгломерата от $M_в$ выражается уравнением (при корреляционном отношении $\eta = 0,68$ и вероятности 0,80)

$$R_{сж} = 2I,7 + 0,989\,M_в - 0,0094\,M_в^2 \pm 6,5, \qquad (I)$$

где $R_{сж}$ – прочность при одноосном сжатии, МПа.

Для количественной оценки устойчивости кровли в лавах, где применяется индивидуальная крепь, нами предлагается использовать коэффициент поражения кровли вывалами

$$K_{п.к} = \sum_{i=1}^{n} S_{в_i} / S_{отр}\ , \qquad (2)$$

где $S_{в_i}$ – площадь i-го вывала; $S_{отр}$ – отработанная площадь.

Данные многолетних наблюдений в очистных выработках позволяют говорить о существовании определенной зависимости между мощностью $M_в$ и устойчивостью кровли, характеризуемой коэффициентом поражения кровли вывалами $K_{п.к}$, которая, в свою очередь, зависит также и от технологии добычи сланца. При валовой отработке эта зависимость характеризуется следующими данными:

$M_в$, м	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4–0,5	0,5–0,6	0,6–0,8	0,8–0,9	0,9–1,0
$K_{п.к}$	0,44	0,53	0,45	0,99	0	2,50	3,82–5,08
Тип кровли	Средней устойчивости				Устойчивая	Неустойчивая	

Для селективной отработки эти параметры принимают следующие значения:

$M_в$, м	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4–0,5
$K_{п.к}$	0,83	2,02	0,57
Тип кровли	Средней устойчивости	Неустойчивая	Средней устойчивости

Итак, устойчивость кровли зависит от геологического строения первого слоя непосредственной кровли, физико-механических пород слоя и технологии добычи полезного ископаемого.

Выявить зоны пониженной устойчивости кровли на стадии разведки практически невозможно, поскольку их размеры, как правило, не превышают 300 м. Поэтому прогноз предлагается осуществлять на стадии нарезки выемочных панелей и столбов, используя для этого данные опробования глин ложной кровли и первого слоя сланца в капитальных и подготовительных выработках. Опробование с частотой в 100 м позволяет выявить участки локального размыва. Прогноз строения непосредственной кровли можно осуществлять на основании статистической зависимости $M_в$ от глубины размыва ложной кровли для конкретного участка шахтного поля. Исходными являются данные колонкового бурения в кровлю горных выработок при подготовке панелей. Используя выявленную зависимость, можно уточнить разрез непосредственной кровли всей панели.

Основным показателем механических свойств пород, используемым при составлении различных прогнозов, является прочность при одноосном сжатии. Изменчивость этого показателя обусловлена, с одной стороны, естественной неоднородностью пород, а с другой – разбросом опытных данных за счет погрешности испытаний и методики опробования. Величина допускаемой относительной погрешности для определения среднего значения прочности для производственных целей составляет 20–30 %.* Для шахты "Кашпирская" принят уровень погрешности 30 % при надежности принимаемых решений, равной 0,80.

Для оценки достоверности определения прочности при одноосном сжатии нами было осуществлено опробование по двум точкам (в нормальном и "аномальном" разрезах) с полным отбором керна и определением физико-механических свойств. По полученным данным были определены основные статистические характеристики (табл.I), которые свидетельствуют о значительном разбросе данных. Лишь по двум литологическим разностям коэффициент вариации менее 0,30, т.е. выполняется условие, согласно которому данный слой является единым инженерно-геологическим элементом. Для всех остальных требуется

---

* Глушко В.Т., Гавеля С.П. Оценка напряженно-деформированного состояния массивов горных пород. М.: Недра, 1986. 221 с.

Таблица 1

Результаты исследования прочности пород "виргатитовой" пачки при одноосном сжатии

Статистическая характеристика	"Аномальный" разрез					Нормальный разрез	
	Фосфоритовый конгломерат	Песчаник глауконитовый с желвачками фосфорита	Песчаник глауконитовый глинистый	Фосфоритовый конгломерат	Песчаник глауконито-глинистый	Фосфоритовый конгломерат	Песчаник глауконитовый с желвачками фосфорита
Прочность, МПа:							
минимальная	18,9	30,2	30,9	37,9	5,6	20,9	19,1
максимальная	62,4	86,0	70,3	79,3	24,2	70,7	25,3
средняя	37,6	51,5	48,5	56,3	14,9	41,0	22,0
Среднее квадратическое	21,6	20,7	17,0	14,2	8,6	20,2	2,8
Коэффициент вариации	0,41	0,40	0,35	0,25	0,58	0,49	0,13
Погрешность:							
абсолютная, МПа	8,1	10,0	8,9	6,1	4,5	11,5	0,13
относительная, %	16,9	15,2	14,3	8,4	23,6	22,0	6,4
допускаемая, МПа	14,4	19,8	18,6	21,6	5,7	15,7	8,4

Таблица 2

Типизация непосредственной кровли горных выработок шахты "Кашпирская" по устойчивости

Тип кровли	M_β, см	Вид отработки	$K_{п.к.}$, %	Характер вывалообразования и меры по повышению безопасности ведения горных работ
Весьма неустойчивая	Более 96*	Валовый	Более 5,0	Весьма интенсивный, поддержание невозможно при механизированной отработке с индивидуальной крепью
Неустойчивая	90–100	-"-	3,82–5,08	Интенсивный, поддержание возможно при существующей системе крепления с увеличенной плотностью
	80–90	-"-	2,5	
	30–40	Селективный	2,02	
Средней устойчивости	20–30	Валовый	0,44	Незначительный в местах повышенного опорного давления. Отсутствует при правильном ведении очистных работ и существующей системе крепления
		Селективный	0,83	
	30–40	Валовый	0,53	
	40–50	-"-	0,45	
	50–60	Селективный	0,57	
		Валовый	0,99	
Устойчивая	60–80	Валовый	0	Отсутствует при правильном ведении очистных работ и существующей системе крепления

* При наличии в разрезе кровли алевритовой глины.

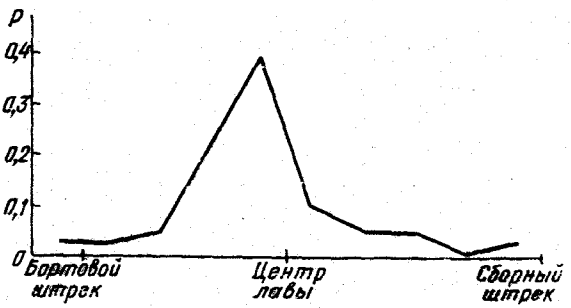


Рис.2. Вероятность P образования вывала пород непосредственной кровли по ширине лавы

дальнейшее расчленение разреза или увеличение представительности выборки. И первое и второе условие практически невыполнимо при составлении оперативных прогнозов и тем более на стадии разведки.

Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что единственным достоверным критерием для прогноза устойчивости кровли является мощность "виргатитовой" пачки и соответствующий ей коэффициент поражения кровли вывалами $K_{п.к}$. Анализ условий ведения очистных работ показывает, что при значениях $K_{п.к} > 2{,}0$ % необходимо изменение паспорта крепления (сгущение) для преодоления этих участков. Поэтому данное значение можно принять в качестве границы между устойчивой и средней по устойчивости кровлей. Для устойчивой кровли характерно отсутствие вывалов, т.е. $K_{п.к} = 0$. Кроме того, при $M_в > 96$ см в разрезе появляется слой переувлажненной алевритовой глины. Отработка участков с таким строением кровли механизированным способом с применением индивидуального крепления невозможна. Следовательно, эти участки следует отнести к весьма неустойчивым ($K_{п.к} > 5{,}0$ %).

На основании выявленных закономерностей предлагается следующая типизация непосредственной кровли горных выработок шахты "Кашпирская" (табл.2). Предложенная типизация позволяет проводить прогнозирование устойчивости кровли не только на стадии нарезки панелей, но и при разведке с детальностью, определяемой сеткой бурения скважин.

Имеющиеся данные свидетельствуют об определенной закономерности вывалообразования, выражающейся в росте его интенсивности к центру лавы (рис.2). Например, на 30 % площади лавы у ее центра происходит 71 % всех вывалов. Следовательно, формирование опорного давления в результате взаимодействия горных пород с крепью, приводящее к дифференциации вывалов по ширине лавы, требует значительной корректировки инженерно-геологических прогнозов на стадии нарезки лав. Наиболее неблагоприятными будут лавы, в центральной части которых наличествуют зоны, "аномального" разреза непосредственной кровли.