

УДК 622.02:622.793

С.А. Ермаков, Д.В. Хосоев

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ
ВСКРЫШНЫХ ПОРОД И УГЛЕЙ КАНГАЛАССКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПУТЕМ ИХ РАЗУПРОЧНЕНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАВ**

Приведены состав, прочностные свойства пород и углей, применяемая технология отработки Кангаласского угольного месторождения. Выполнены экспериментальные исследования прочностных характеристик вскрышных пород с использованием поверхностно-активных веществ (ПАВ). Показано, что их применение позволяет снизить прочность мерзлых пород в несколько раз и тем самым обеспечить их безвзрывную разработку.

Ключевые слова: безвзрывная технология, угольное месторождение, поверхностно-активные вещества (ПАВ), прочность, разупрочнение, угольные комбайны.

В настоящее время большинство угольных месторождений Якутии разрабатывается с использованием циклической технологии с буровзрывной подготовкой, автомобильным транспортом горной массы. При этом качественные показатели горного производства, монотонно ухудшаются, растет загрязнение окружающей среды вредными выбросами.

Одним из таких месторождений является Кангаласское буроугольное месторождение, расположенное в 40 км от г. Якутска. Разведанная площадь которого составляет 12,1 км². Всего на площади месторождения выявлено более 5,2 млрд т энергетических углей.

В настоящий момент месторождение обрабатывается по комбинированной технологии. Бестранспортная вскрыша над пл. «Верхний», транспортная вскрыша – на отработке междупластья. Уголь из разреза вывозится автотранспортом потребителей. Годовая добыча угля в данное время составляет 160 тыс. т. На горных работах применяется буровзрывная подготовка, используются экскаватор ЭШ-10/70 (бестранспортная вскрыша) и мехлопаты ЭКГ-5А

на выемке междупластья и угля. Бурение скважин осуществляется станками СБШ-250МН, ЗСБШ-200-60, СБР-160-А-24 и СВБ-2М.

Дальнейшее развитие Кангаласского разреза может быть связано с приходом железной дороги, когда значительно увеличатся его производственные мощности.

В настоящее время применение поточных технологий на базе роторно-конвейерных комплексов и погрузочно-выемочных машин (комбайнов) является одним из перспективных путей повышения эффективности производства на карьерах.

Главным из основных факторов, оказывающих преимущественное влияние на эффективность и надежность эксплуатации горнодобычного оборудования являются прочностные свойства экскавируемых пород, в том числе и в зимний период.

Многолетнемерзлые горные породы в совокупности с низкими температурами воздуха оказывают существенное влияние на все технологические процессы разработки месторождений. Прочность мерзлых дисперс-

ных горных пород на порядок выше их прочности в талом состоянии, поэтому существующие технологии разработки предусматривают предварительное разупрочнение пород различными способами оттайки, либо рыхлением, с применением бульдозеров-рыхлителей или БВР [1].

Основные характеристики пород и угля месторождения приведены в табл. 1.

Все породы находятся в зоне многолетнемерзлых пород. Их температура колеблется в пределах от минус 2 до минус 3 °С. Мощность деятельного слоя составляет 2-3 м.

Основным критерием выбора добычных горнотранспортных машин является удельное сопротивление пород копанию (K_{f0}). Для литологических разновидностей пород и угля месторождения K_{f0} определено по методике УкрНИИПроекта [3]. Результаты аналитического определения свойств пород и угля, на базе лабораторных и натуральных исследований, и расчетные показатели K_{f0} сведены в табл. 2.

Ранее на месторождении были проведены натурные исследования K_{f0} пород и угля в сезонно-мерзлом состоянии (минус 5-11,8 °С) по методу ДорНии и стендом «роторное колесо» на породах верхнего глинисто-песчаного слоя и на участке угольного пласта [4]. Итоговые значения K_{f0} по режимам резания верхнего вскрышного слоя составили 1,7-3,2 МПа, а угольного массива – 2,4-3,6 МПа.

Разброс расчетных и экспериментальных значений K_{f0} для сезонно-мерзлых пород и угля объясняется разницей температуры пород, а также тем обстоятельством, что при аналитических расчетах не учитываются такие безусловно объективные факторы, как хрупкость, наличие (до 6 %)

молекулярной влаги, замерзающей при температуре минус 7-8 °С и др.

Значительный рост сопротивления копанию при промерзании пород и углей диктует необходимость их разупрочнения для обеспечения возможности безвзрывной выемки. Возможным решением этого вопроса может быть использование поверхностно-активных веществ (ПАВ). Основные сложности с разработкой мерзлых грунтов в зимнее время связаны с самым верхним, деятельным слоем, разупрочнением которого, можно обеспечить оптимальные условия для его разработки.

В работе [5] рассмотрена возможность снижения прочности мерзлого массива химическим способом. При проведении эксперимента в грунт с влажностью от 20 до 50 %, непосредственно перед его промерзанием, вводили соляную кислоту концентрации 0,25-1,0 Н для интервала температур разрабатываемого грунта от минус 0,5 °С до минус 25 °С. Как показали результаты выполненных экспериментальных исследований прочность пород в мерзлом состоянии снизилась на 40-50 %.

Авторами проведены экспериментальные исследования по влиянию ПАВ на прочность мерзлых горных пород. Эксперименты проводились на искусственных образцах из вскрышных пород Кангаласского месторождения с использованием растворов ПАВ различной концентрации: карбонат натрия (Na_2CO_3), хлорид натрия ($NaCl$) и водный раствор хлористого алюминия ($AlCl_3 \cdot 6H_2O$). Определение прочности на одноосное сжатие проводилось на 10 образцах кубической формы размером 5x5 см, при отрицательных температурах, в диапазоне от минус 3 до минус 20 градусов. Результаты исследований показаны в табл. 3.

Таблица 1

Состав и свойства пород и угля Кангаласского месторождения [2]

Наименование показателя	Палеоген			Нижний мел			
	пески	песчаники	глины	пески	песчаники	глины	уголь
Объем в составе стратиграфического подразделения, %	50	40	10	6	86	8	—
В том числе в общем объеме вскрыши	14	11	3	3	39	3,3	26,7
Козф. крепости по шкале проф. Протодьяконова, в талом состоянии	0,09— 0,28	0,12— 0,18	0,35	0,07	0,17	0,73	1,27
Угол внутреннего трения, град	—	26, — 30,9	34,9	—	35	—	—
Сцепление, кг/см ²	—	0,1-0,2	0,05	—	0,125	—	—

Таблица 2

Прочностные свойства пород и угля Кангаласского месторождения

Породы или уголь	Прочность, $\sigma_{сж}$ МПа		Удельное сопротивление копанию, МПа
	сжатие	растяж.	
В талом состоянии			
Четветичные пески с мелкой, окатанной галей	0,09	2,54	0,54
Песчаник мелкозернистый	0,39	4,57	0,67
Алеврит	0,21	0,69	0,98
Уголь (верхняя пачка)	0,12	11,0	1,29
Уголь (нижняя пачка)	0,14	11,9	1,51
Глина светло-серая (междупластье)	0,11	0,92	0,67
При температуре массива и образцов минус 3.....5 ⁰ С			
Четветичные пески с мелкой, окатанной галей	0,49	8,9	1,44
Алеврит	0,55	16,5	1,67
Уголь (верхняя пачка)	0,62	2,5	1,42
Уголь (нижняя пачка)	0,21	0,14	1,57
Глина светло-серая	0,52	4,8	1,42

Таблица 3

Прочность образцов дисперсных пород, ($\sigma_{сж}$) МПа

Растворы ПАВ и их концентрация	Температура				
	-3 ⁰ С	-5 ⁰ С	-10 ⁰ С	-15 ⁰ С	-20 ⁰ С
Без ПАВ	0,54	3	5,89	9,67	11,82
3 % Na ₂ CO ₃	0,22	1,74	4,06	7,30	9,30
7 % Na ₂ CO ₃	0	1,45	2,91	5,57	8
10 % Na ₂ CO ₃	0	0	2,41	5,40	6,66
15 % Na ₂ CO ₃	0	0	2,17	5,19	6,47
3 % NaCl	0	0,88	3,11	6,22	8,30
7 % NaCl	0	0,63	2,6	4,6	7,62
10 % NaCl	0	0	0	1,82	4,45
15 % NaCl	0	0	0	1,56	3,3
20 % NaCl	0	0	0	0,87	3
1 % AlCl ₃ ·6H ₂ O	0,20	1,22	3,6	5,66	8,60
2 % AlCl ₃ ·6H ₂ O	0	0,93	2,9	4,56	6,82
3 % AlCl ₃ ·6H ₂ O	0	0,64	1,58	3,58	6,68

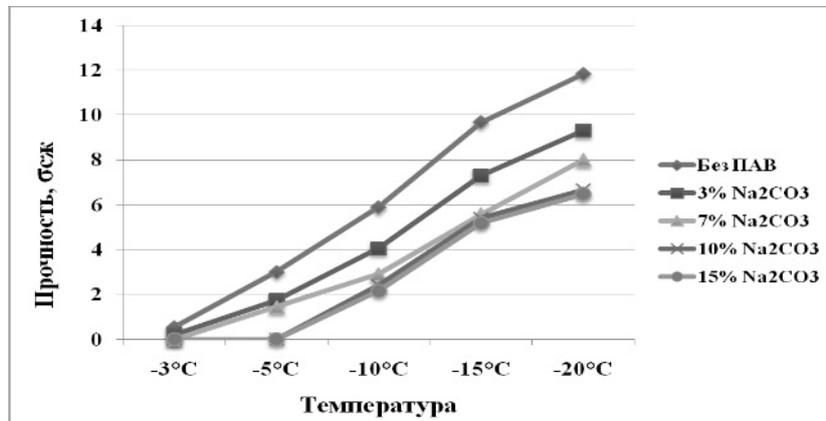


Рис. 1. Изменение прочности дисперсных пород на одноосное сжатие при использовании Na_2CO_3

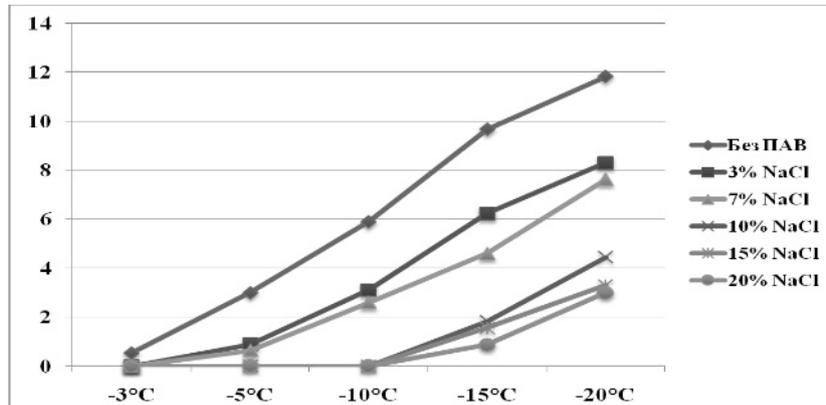


Рис. 2. Изменение прочности дисперсных пород на одноосное сжатие при использовании NaCl

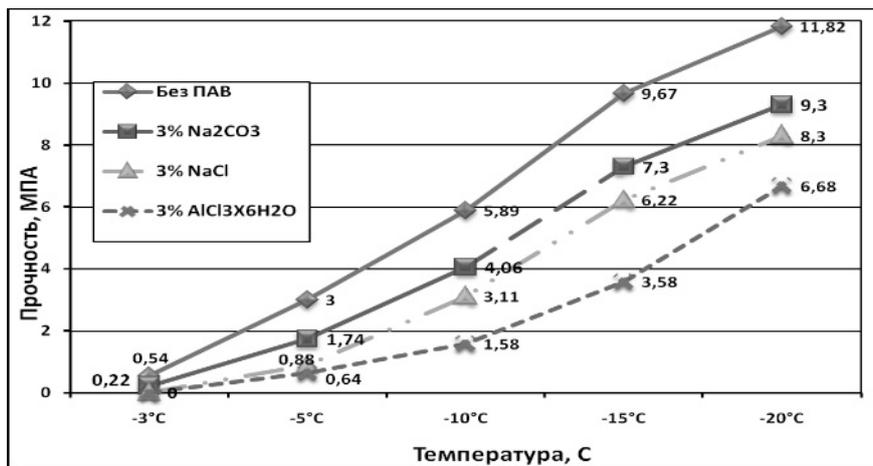


Рис. 3. Изменение прочности дисперсных пород на одноосное сжатие при использовании 3 % растворов ПАВ

Как показали результаты исследований, применение растворов ПАВ приводит к значительному снижению исходной прочности мерзлых дисперсных пород. Причем, чем больше концентрация ПАВ, тем больше происходит разупрочнение пород (рис. 1—2).

При применении Na_2CO_3 в интервале температуры от -5°C до -20°C и концентрации ПАВ 3-15 % прочность снижается по отношению к исходному незасоленному грунту в 1,4-2 раза, а с NaCl в 2-5 раз. При этом воздействие ПАВ более эффективно в диапазоне небольших отрицательных температур. Так при использовании 10 % Na_2CO_3 в диапазоне температур от -3°C до -5°C , и 10 % NaCl в интервале температур от -3°C до -10°C прочность образцов снижается до минимума.

Наибольшее снижение прочности образцов отмечено для водного рас-

творы хлористого алюминия. Так, при использовании раствора $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 3 %-й концентрации при температуре -5°C исходная прочность пород снижается в 4,5 раза, а при -20°C в 1,7 раза (рис. 3), что в среднем в 1,2 — 2,7 раза больше в сравнении с использованием растворов NaCl и Na_2CO_3 этой же концентрации (рис. 3).

Таким образом показано, что использование ПАВ позволяет снизить прочность мерзлых пород в несколько раз и тем самым обеспечить их безвзрывную разработку с применением современного горнодобычного оборудования. Наиболее перспективным в данных условиях является применение комбайнов нового поколения типа VASM, WSM, KSM. Благодаря высоким значениям развиваемых усилий резания, эти машины могут успешно разрабатывать породы прочностью на сжатие до 60-80 МПа [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потемкин С.В. Оттайка мерзлых пород. — М.: Недра, 1991. — 160 с.
2. Ермаков С.А. Совершенствование геотехнологий открытой разработки месторождений севера: монография / С.А. Ермаков, А.М. Бураков, И.И. Заудальский, С.В. Панишев— Якутск: ЯФ ГУ/. «Изд-во СО РАН», 2004. -370 с.
3. Владимиров В.М. Повышение производительности карьерных многоковшовых экскаваторов. / Владимиров В.М., Трофимов В.К. — М. Недра, 1980. — 318 с.
4. Экспериментальные исследования пород и углей Кангаласского месторождения по критериям возможности их непрерывной экскавации. — Якутск: фонды ИГДС СО АН СССР, 1990. — 70 с.
5. Шишкин, Ю.П. Экспериментальные исследования безвзрывного разупрочнения многолетнемерзлых пород на алмазном месторождении / Шишкин Ю.П., Микулевич А.П., Бураков А.М. // Физико-технические проблемы. №5 — 1990.
6. Мировая горная промышленность. История. Достижения. Производство / М.Н.Т.Ц. — М.: «Горное дело», 2005. — 520 с. **ПАВ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Ермаков Сергей Александрович — кандидат технических наук, заведующий лабораторией, s.a.ermakov@igds.ysn.ru
Хосоев Доржи Владимирович — ведущий инженер, hosoev70@mail.ru,
Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук.