

УДК 622.45:536.244

**Ю.А. Хохолов, М.В. Каймонов, А.С. Курилко, Г.В. Шубин**  
**ВЛИЯНИЕ ДЕПРЕССИИ РУДНИЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**  
**НА НАКОПЛЕНИЕ ЛЬДА В ОЧИСТНОМ БЛОКЕ**  
**С ОТБИТОЙ МЕРЗЛОЙ РУДОЙ**

*Рассмотрено влияние рудничной депрессии на интенсивность водо- и льдонакопления в очистном блоке с мерзлой рудой. Показано, что с увеличением депрессии происходит интенсификация процессов влаго- и льдонакопления.*

*Ключевые слова:* смерзание, рудник, криолитозона.

Случаи смерзания отбитой руды в очистных блоках неоднократно наблюдались в рудниках зоны распространения многолетней мерзлоты «Матросова», «Валькумей», «Иультин», «Сарылах», «Айхал», ПО «Апатит», АО «Печенганикель», Северного Урала и др., как правило, эксплуатируемых с естественным тепловым режимом.

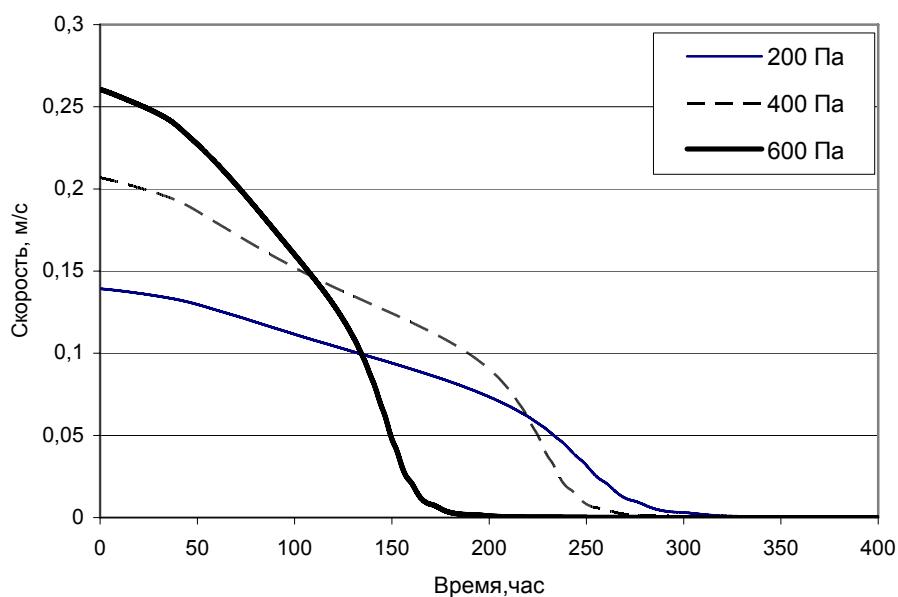
Было отмечено, что смерзание начинается при влажности  $\approx 4\%$  (которую можно считать критической) и наиболее активно происходит при температурах руд ниже минус  $5\text{ }^\circ\text{C}$  [1, 2]. Необходимо отметить, что смерзание отбитой мерзлой руды (причем более интенсивное) может происходить и в летний период при проникновении теплого воздуха с высоким влагосодержанием в очистной блок, за счёт замерзания сконденсированной влаги холодом, содержащимся в отбитых кусках руды [3].

Процесс тепломассообмена вызывающего смерзание мерзлой руды в блоке является сложным и зависит от многих факторов. Ранее нами рассматривалось влияние температуры и влагосодержания воздуха на процессы конденсации влаги и смерзания

отбитой руды в очистных блоках рудников криолитозоны [4]. Поэтому представляется важным рассмотреть отдельно влияние депрессии на процесс накопления льда в блоке отбитой руды.

Как известно, рудничная вентиляция обеспечивает непрерывное движение воздуха, который фильтруется через блок отбитой руды за счет разности давлений между верхней и нижней отметками блока, создаваемой общерудничной депрессией. Источниками разности давлений кроме общешахтной депрессии могут быть напоры создаваемые местными вентиляторами проветривания, естественной тягой и т.д.

На основе разработанной математической модели тепломассообмена рудничного воздуха с отбитой мерзлой рудой [5] проведены численные расчеты при следующих исходных данных: удельная теплоемкость мерзлой руды  $840\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ; удельная теплоемкость талой руды  $940\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ; плотность руды  $2400\text{ кг}/\text{м}^3$ ; коэффициент теплопроводности мерзлой руды  $2,4\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ; коэффициент теплопроводности талой руды  $1,8\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ; высота блока  $H =$



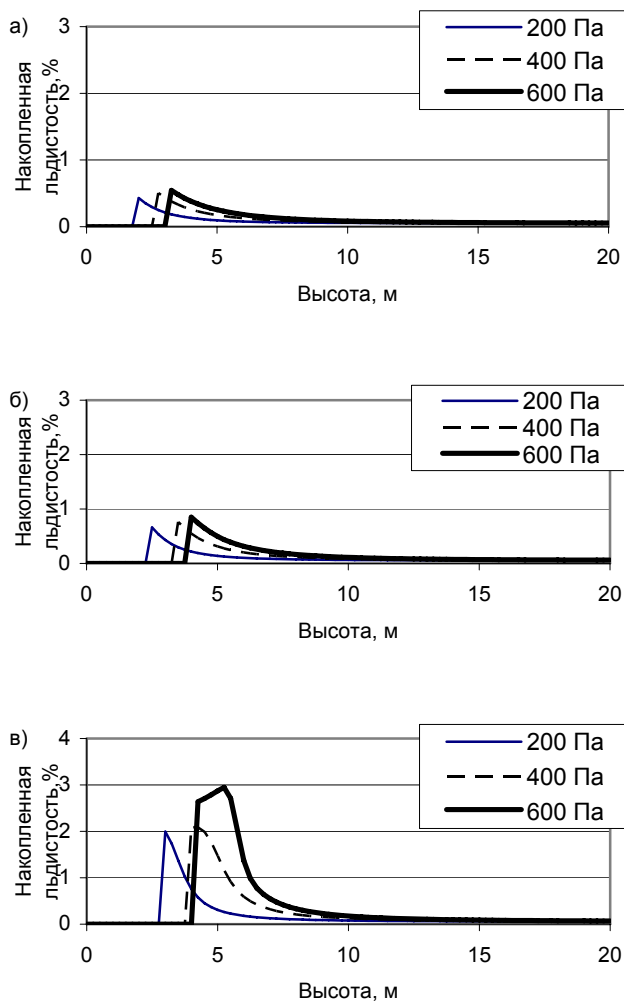
**Рис. 1.** Изменение скорости движения воздуха в блоке отбитой руды при разных значениях депрессии ( $\theta_0 = +3$  °С;  $T_0 = -4$  °С;  $m_0 = 0,2$ )

20 м; депрессия блока  $h = 200, 400$  и 600 Па; пустотность блока  $m_0 = 20$  %; температура входящего воздуха  $\theta_0 = +3$  °С; относительная влажность воздуха  $\varphi = 100$  %; начальная температура отбитой руды  $T_0 = -4$  °С; начальная (внутренняя) влажность отбитой руды  $w = 0,1$  д.е., средний размер куска отбитой руды  $d = 0,1$  м.

Исходя из вышеприведенных данных, в начальный момент температура отбитой руды в блоке отрицательная, а температура поступающего рудничного воздуха положительная. В результате фильтрации воздуха через навал (магазин) происходит конвективный теплообмен с мерзлыми кусками руды, вследствие чего его температура понижается, а температура отбитой руды соответственно повышается. При этом по мере остывания фильтрующегося воздуха происходит

конденсация влаги на рудном материале. В зоне с положительной температурой руды влага находится в жидком состоянии, а зоне с отрицательной температурой – в твердом виде инея.

На рис. 1 приведены графики изменения скорости движения воздуха в блоке отбитой руды при разных значениях депрессии. Как и следовало ожидать (видно из графиков), увеличение депрессии приводит к увеличению скорости движения воздуха (и соответственно его количества): при  $h = 200$  Па скорость воздуха равна 0,14 м/с, при  $h = 400$  Па – 0,21 м/с, а при  $h = 600$  Па – 0,27 м/с. Следует отметить, что наиболее интенсивно процессы льдонакопления происходят при депрессии 600 Па, закупорка каналов инеем происходит уже через 170 часов ( $\approx 7$  суток). При депрессии 400 Па – через 270 часов ( $\approx 11$  суток),



**Рис. 2. Распределение накопленной льдистости по высоте блока при разных значениях депрессии: а — 48 часов; б — через 72 часа; в — 120 часов ( $\theta_0=+3^\circ\text{C}$ ;  $T_0 = -4^\circ\text{C}$ ;  $m_0=0,2$ )**

а при  $h = 200$  Па — через 300 часов ( $\approx 12$  суток).

Проведенные исследования позволили выявить так же особенности льдонакопления в замагазинированном блоке. На рис. 2 показана динамика льдонакопления при различных значениях депрессии: 200, 400 и 600

Па. Как видно из графиков, при увеличении скорости движения воздуха в блоке отбитой руды за единицу времени поступает большее количество влаги и, соответственно, количество накопленного льда увеличивается, но в то же время увеличивается количество поступающего с воздухом тепла, вызывающего оттайку приграничных (верхнего или нижнего) слоев отбитой руды в магазине. Поэтому зона максимального льдонакопления постепенно сдвигается вглубь (к центру) магазина. Как видно из графиков, при  $h = 200$  Па зона льдонакопления находится на высоте 3 м, при  $h = 400$  Па — на высоте 4 м, а при  $h = 600$  Па — на высоте 5—6 м.

Таким образом, проведенные расчёты позволяют сделать следующие выводы:

1. Чем меньше депрессия (разность давлений воздуха на границах блока) тем менее интенсивно происходит процесс накопления льда (воды). Так при величине депрессии  $h = 200$  Па закупорка каналов инеем происходит по истечении 12 суток, а при  $h = 600$  Па — 7 суток.

2. Чем выше депрессия, тем выше зона интенсивного льдонакопления. Т.е. с её увеличением зона интенсивного льдонакопления сдвигается вглубь навала (магазина) отбитой руды.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курилко А.С., Каймонов М.В. Экспериментальные исследования прочности смёрзшихся сыпучих горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. — №12. – С. 69-71.
2. Курилко А.С., Каймонов М.В. Экспериментальное определение предела прочности при сжатии мёрзлых крупнообломочных горных пород // «Проблемы и перспективы комплексного освоения месторождений полезных ископаемых криолитозоны»: труды Международной научно-практической конференции, г. Якутск, 14–17 июня 2005. – Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 2005. — Том 1. – С. 127-131.
3. Каймонов М.В., Попов В.И., Курилко А.С. О механизме процессов смерзания отбитой горной породы на рудниках Севера // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. — №10. – С. 162—165.
4. Каймонов М.В., Хохолов Ю.А., Курилко А.С. Исследование влияния температуры и влагосодержания воздуха на процессы конденсации влаги и смерзания отбитой руды в очистных блоках рудников криолитозоны // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2010. — № 10. — С. 314—324.
5. Каймонов М.В., Хохолов Ю.А. Математическое моделирование температурно-влажностного режима блока отбитой руды рудников Севера // Наука и образование. – 2010 — № 1. — С. 27-32. **ГИАБ**

---

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Хохолов Ю.А. — доктор технических наук, ведущий научный сотрудник,  
Каймонов М.В. — кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
Курилко А.С. — доктор технических наук, зам. директора,  
Институт горного дела Севера СО РАН,  
Шубин Г.В. — кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой,  
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,

---

## НОВОСТИ СИБИРСКОЙ УГОЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ



Тугнуйский разрез ОАО «СУЭК» установил мировой рекорд экскаватором Busyrus 495HD №1 Коллективом ОАО «Разрез Тугнуйский» достигнута рекордная производительность при ведении горных работ по вскрыше экскаватором Busyrus 495HD №1 с вместимостью ковша 41,3 м<sup>3</sup>. Достигнутая месячная производительность, составляющая 1782 тыс. м<sup>3</sup>, является рекордной не только для экскаваторов Busyrus, эксплуатирующихся ОАО «Разрез Тугнуйский», но и среди других аналогичных машин данного класса, работающих на горных предприятиях по всему миру! Такое достижение является показателем правильного выбора техники, хорошо организованного сервиса, продуманной организации труда и высокого профессионализма специалистов Тугнуйского разреза.

Управление уникальным по своим техническим характеристикам экскаватором доверили машинистам с высокой квалификацией и большим опытом работы.

— За два с половиной года работы экскаватор показал себя только с лучшей стороны, - сказал бригадир Александр Каширин, — И такой результат лишь подтверждает мои слова. Очень горд знанием того, что до нас еще никто таких показателей не достигал. Мировой рекорд стал возможным благодаря ответственному и грамотному отношению к своему труду всех специалистов, задействованных в подготовке, выемке и транспортировке вскрышных пород.

Приобретение экскаватора BUSYRUS 495HD было осуществлено в рамках долгосрочной инвестиционной программы СУЭК по обновлению техники и наращиванию производственной мощности на Тугнуйском разрезе. В итоге такая экономическая политика и привела к сегодняшнему мировому признанию.

---

## КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Науменко Алексей Анатольевич – заместитель директора по коммуникациям СУЭК,  
Naumenkoaa.suek.ru.