
© С.В. Панишев, С.А. Ермаков, М.В. Каймонов,
Д.С. Козлов, М.С. Максимов, 2013

УДК 622.876

**С.В. Панишев, С.А. Ермаков, М.В. Каймонов,
Д.С. Козлов, М.С. Максимов**

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА МНОГОЛЕТНЕМЁРЗЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД КАНГАЛАССКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА *

Изложены результаты натурных наблюдений температурного режима многолетнемёрзлых горных пород Кангаласского угольного разреза в массиве и поверхностном слое взорванных вскрышных пород в условиях последовательного обнажения забоя драглайна. Сделан вывод о том, что изучать процессы повторного смерзания горных пород следует раздельно, в зависимости от периодов года: 1) период весна-лето; 2) период осень-зима.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, смерзание, температура пород, открытые горные работы, размер среднего куска, драглайн.

Разработка многолетнемерзлых вскрышных пород при бестранспортной технологии с предварительным буровзрывным рыхлением в условиях месторождений криолитозоны осложняется их повторным смерзанием, причём прочность смерзания может достигать нескольких МПа.

Оптимальный размер экскаваторного блока определяется исходя из величины сменного подвигания забоя, которая в свою очередь рассчитывается на основе установленной взаимосвязи между временем цикла драглайна и температурой пород в забое. При увеличении длины экскаваторного блока выше оптимальной много-кратно увеличивается вероятность смерзания взорванных пород в прочный монолит и, соответственно, падает общая производительность работы драглайна, связанная с увеличением его времени цикла [1].

Для определения закономерностей формирования температурного поля взорванных вскрышных пород на угольном разрезе «Кангаласский» в течение ряда лет проводятся натурные исследования:

- по стационарным скважинам на борту разреза, с применением стационарных термогирлянд и цифрового мультиметра GDM-450T;
- по скважинам, забуренным по взрываемым блокам, с применением переносных термогирлянд и цифрового мультиметра GDM-450T;
- в поверхностном слое забоя драглайна в процессе его работы. Температура поверхности измерялась по инфракрасному изображению, полученному при помощи тепловизора FLIR-SC 660;
- температура и влажность воздуха измерялась при помощи регистраторов температуры и влажности воздуха «Center-342», «Center-314»

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований №12-05-98520-р_восток_a.



Рис. 1. Участок ведения горных работ.

и цифрового термометра «Ama-digit ad20th».

Так же проводился хронометраж рабочего процесса, выполнялась оценка гранулометрии взорванной горной массы в развале и экскаваторном забое в различные периоды года.

Оригинальность и новизна данного метода натурных наблюдений заключается в комплексном подходе к мониторингу температурного режима многолетнемёрзлых горных пород непосредственно в массиве до взрыва, в развале горной массы после взрыва и в экскаваторном забое при работе драглайна в различные периоды года. Достоверность и полнота полученной информации обеспечивается применением современных высокочувствительных цифровых устройств и приборов.

В 2012 г. взрывные работы по вскрышным породам производились 3 раза. Первый и второй блок взорваны 21 апреля, второй взрыв был осуществлен 18 мая по первому вскрышному уступу, третий - 21 июня по второму вскрышному уступу. Средний объем первых 3-х блоков составил 40 тыс. м³. Объем последнего блока - 13,6 тыс. м³. Породы вскрышных блоков представлены суглинками бурого цвета, слабосцементированным песчаником мелкозернистым и алевролитом. По степени взрываемости породы трудновзрываемые, категория взрываемости VI-VII. Коэффициент крепости по Протодьяконову 3-6.

На рис. 1 показан участок ведения горных работ в 2012 году и расположение скважин забуренных в массиве вскрышных пород.

Таблица 1

Результаты измерений кусковатости взорванного массива многолетнемерзлых пород в сезон 2012 г.

Дата замера	Диаметр среднего куска, мм	Содержание кусков крупностью, мм /%						
		0-100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-800	>800
19 апреля	195	13,2	26,2	24,3	14,3	7,8	14,1	0
21 апреля	253	4,5	18,1	24,4	18,2	18,1	16,7	0
18 мая	138	25,2	34,7	18,2	11,3	5,6	5,0	0,0
21 июня	228	7,3	22,2	23,0	18,7	9,0	19,7	0,0

Фотопланиметрическим методом выполнялись замеры кусковатости взорванного массива многолетнемерзлых пород в развале и забое драглайна.

Результаты представлены в табл. 1 и на гистограмме (рис. 2). Отмечена стабильность по взрывам основного фракционного состава взорванной горной массы.



Рис. 2. Размер среднего куска пород вскрыши в различные даты проведения взрывных работ

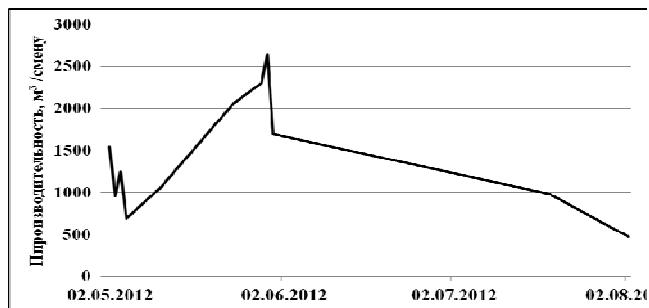


Рис. 3. Производительность ЭШ-10.70 в сезон вскрышных работ 2012 г.

Полученный по результатам натурных замеров средний кусок породы, исходя из вместимости ковша, не превышает максимально допустимого для используемого на Кангаласском угольном разрезе драглайна ЭШ-10.70 (1,6 м).

Следует отметить некачественное дробление массива ММГП (многолетнемерзлых горных пород), обусловленное значительной обводненностью блоков (особенно первых), и отказами при взрывании. Так, например, с началом экскавационных работ по первому вскрышному блоку забой экскаватора представлял собой монолит, так как при подготовке буро-взрывных работ во взрывных скважинах наблюдалось обводнение. Поэтому для дополнительного рыхления вскрышных пород был задействован экскаватор ЭКГ-5А.

В наибольшей степени это повлияло на работу драглайна в начале и конце сезона вскрышных работ (первый и третий взрывные блоки, рис. 3). Именно в эти периоды были отмечены смены с низкой производительностью драглайна.

В ранее проведённых исследованиях показано, что с повышением температуры пород в забое и уменьшением размера среднего куска производительность экскаватора повышается в несколько раз [2].

Были продолжены наблюдения динамики изменения температур в массиве по стационарным скважинам на борту разреза и скважинам, забуренным по взрываемым блокам. Скважины забурены в 2008 г.

Измерения температуры в них продолжаются по настоящее время. Глубина скважин составляет 19,5 м.

Скважина № 2 расположена за пределами горного отвода на дороге. Скважина № 3 - западнее дороги, проходящей вдоль западного борта разреза, ближе к участку ведения горных работ.

Наблюдения динамики температур по скважинам № 2 и 3 показали, что температурный режим в них можно характеризовать как нестабильный. Отмечены колебания температуры по глубине скважин. Анализ динамики температур по скважине № 2, показал, что по предыдущим замерам в 2008 г., нулевая температура в скважине наблюдалась на глубине 3 м - 8 августа. В 2010 г., нулевая температура в скважине была отмечена 19 августа на глубине 2 м, а в 2012 г., на той же глубине - 8 августа.

В скважине № 3, нулевая температура в 2008 г. наблюдалась на глубине 3м - 27 мая, а в 2010 г., она была достигнута 27 июня на глубине 2 м. В 2012г., - на той же глубине 16 июля. Результаты наблюдений за температурным режимом скважин за период 2012 г. представлены на рис. 4 и 5.

Наряду с мониторингом температуры в массиве пород по стационарным скважинам выполнялся мониторинг температуры по массиву пород

взрывных блоков с использованием временных скважин, забуренных при подготовке блока к взрыванию (рис. 6).

Отмечено, что температурный режим в массиве неустойчив, при этом средняя температура массива по взрывным блокам в 2 раза ниже, чем в скважинах на борту разреза, что обусловлено близостью дополнительной обнаженной поверхности (откос вскрышного уступа), способствующей глубокому промерзанию массива, в отличие от стационарных скважин, расположенных на большем удалении от откоса уступа.

Исследования температурного режима пород в развале и в забое драглайна проводились с использованием тепловизора FLIR-SC 660. На рис. 7 представлен термографический снимок забоя драглайна во время экскавации взорванных многолетнемёрзлых пород вскрыши. Как видно из рис. 7 (съёмка производилась 03.05.2012 г., температура воздуха составляет +17,2 °C, температура поверхности взорванного развала пород забоя от +1,6 °C до +17,4 °C, температура вскрытых ковшом драглайна пород забоя от -0,6 °C до -2,7 °C. Разница температур пород на поверхности забоя и на глубине погружения ковша драглайна составляет около 15 °C, причём породы на глубине погружения ковша драглайна находятся в мёрзлом состоянии.

На рис. 8 представлен термографический снимок борта вскрышного уступа разреза. Съёмка производилась 18.07.2012 г.. Температура воздуха составляла +16,2 °C; температура поверхности пород борта вскрышного уступа немногим более +15 °C. В борту разреза чётко обозначены таликовые зоны, имеющие температуру отличную от окружающих пород (+9,1+9,9 °C).

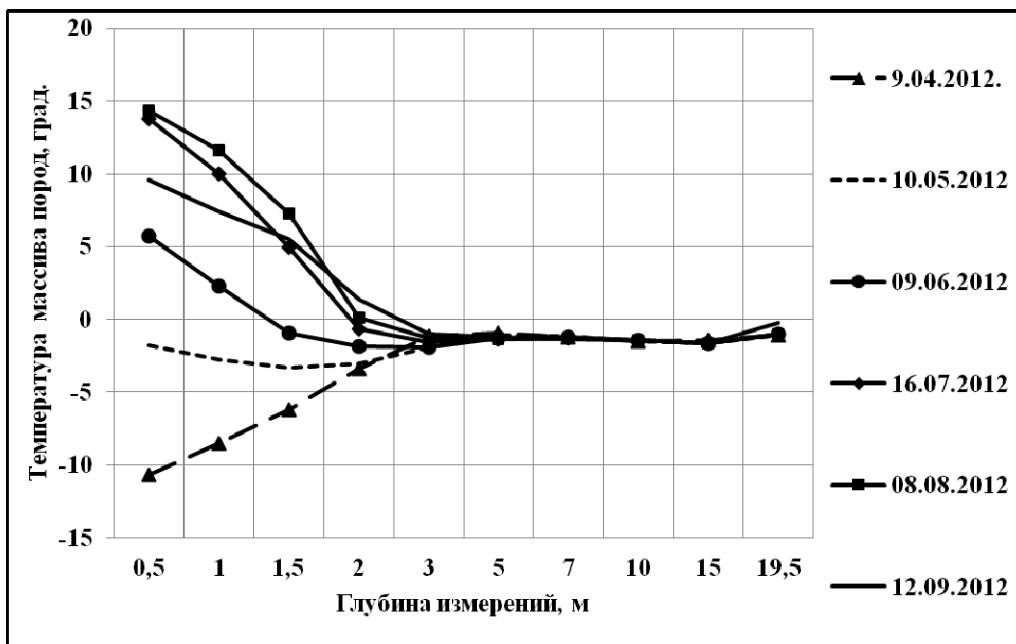


Рис. 4. График температур в скважине № 2 по массиву вскрышных пород

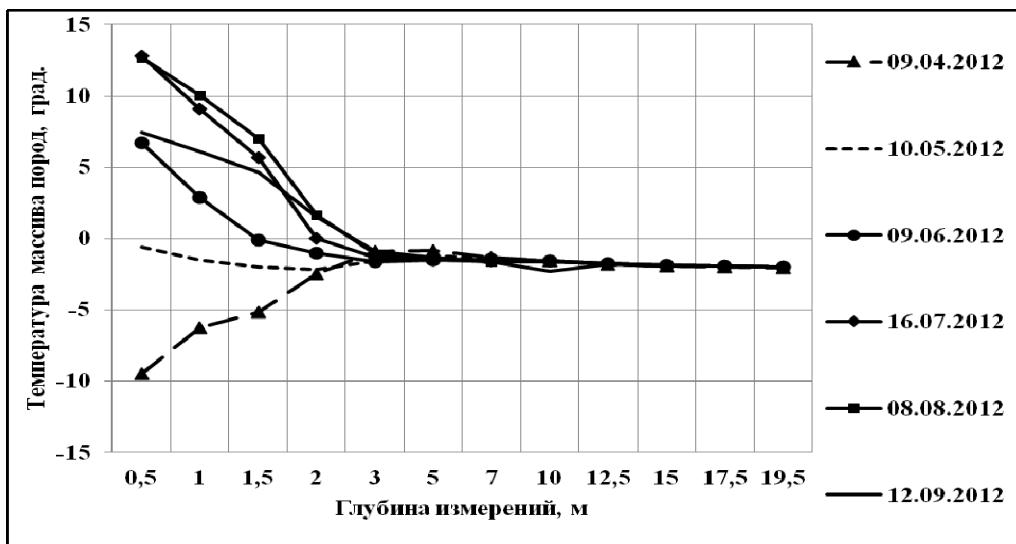


Рис. 5. График температур в скважине № 3 по массиву вскрышных пород

Галиковые зоны в борту разреза объясняются наличием в районе ведения работ линз льда, вскрытых горными работами которые начинают интенсивно таять по поверхности обнажения. Слева на рисунке отчетливо

видно направление стока оттаявшей влаги. В этих местах впоследствии происходит интенсивное оплыивание и обрушение борта уступа. Не исключено также, и вскрытие криопэгов, которые возможно присутствуют на

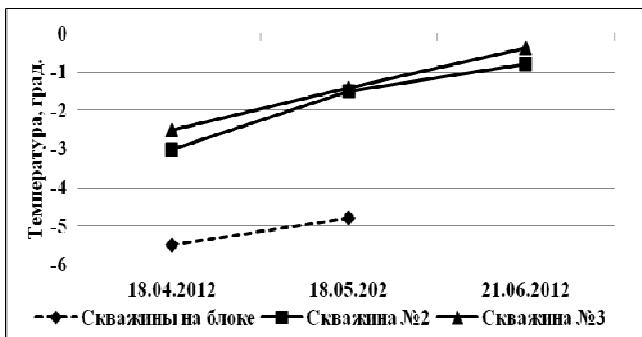


Рис. 6. График температур по скважинам в борту разреза и взрываемых блоках

участке эксплуатационных работ, что косвенно подтверждается наличием свободной воды в скважинах, забуренных по мерзлому массиву взрывных блоков.

Полученные результаты проведённых натурных исследований показы-

вают, что тепловизором наиболее хорошо диагностируются зоны знакопеременных температур в процессе отработки взорванного многолетнемерзлого массива. При этом, зоны отрицательных температур оконтуриваются всегда достаточно четко.

Натурными исследованиями установлены особенности теплового режима в развале взорванных многолетнемерзлых горных пород в периоды весна-лето, осень-зима при последовательном обнажении забоя.

В весенне-летний период на температуру поверхностного слоя оказывает

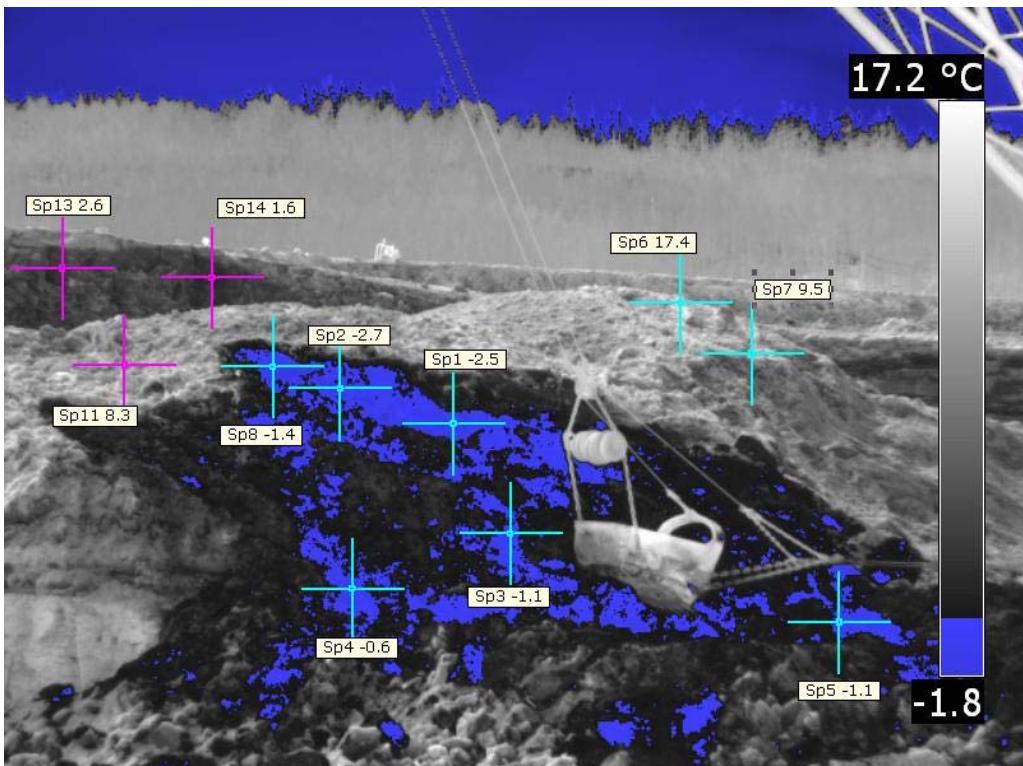


Рис. 7. Термографические исследования экскавации взорванных многолетнемерзлых вскрышных пород на разрезе Кангаласский

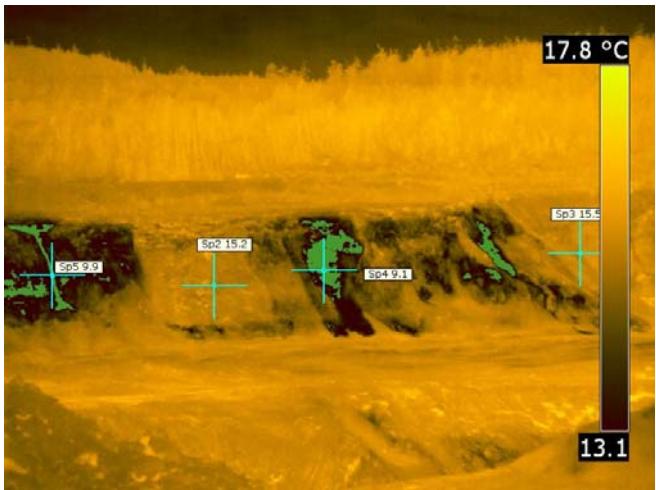
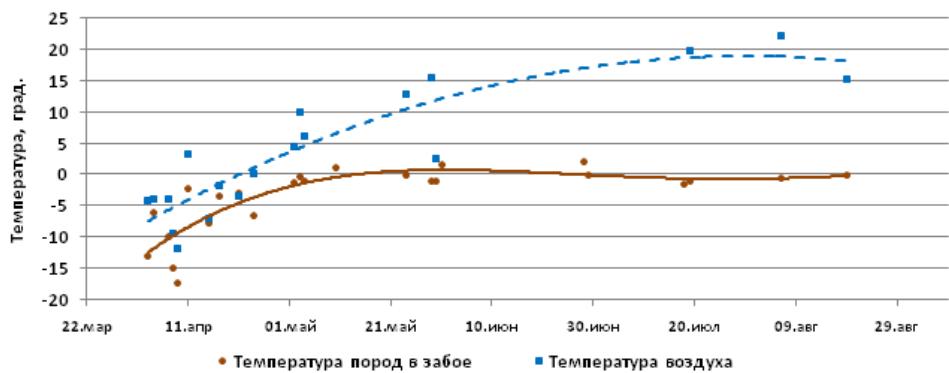


Рис. 8. Термографический снимок борта вскрытого уступа с таликовыми зонами

влияние отрицательная температура в массиве, накопленная в зимний период и солнечная инсоляция. В условиях высоких положительных температур окружающего воздуха (до +20 °С и выше) и отрицательной температуры пород в забое в условиях его обнажения, это способствует интенсивной конденсации влаги на поверхности кусков породы и создает благоприятные условия для повторного смерзания (рис. 9, а).

a)



б)

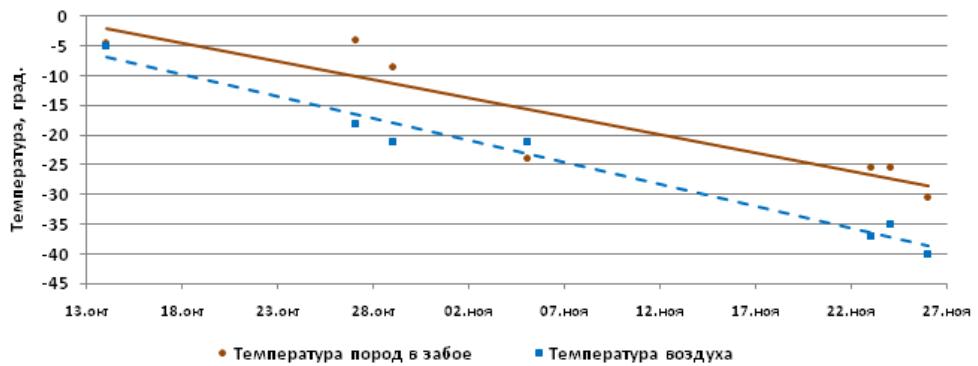


Рис. 9. Температура пород в забое: а) в весенне-летний период; б) в осенне-зимний период

В осенне-зимний период температура в этом слое формируется за счет тепловой инерции массива, накопленной летом и воздействия низких температур окружающего воздуха. При этом, отрицательная температура поверхностного слоя развала в условиях его обнажения хотя и выше в среднем на 10-14 °С температуры окружающего воздуха, но совпадает с ней по знаку, что замедляет процесс смерзания взорванного массива (рис. 9, б).

Таким образом, в эти периоды во взорванном многолетнемерзлом мас-

сиве происходят различные по своей физической природе процессы промерзания-протаивания, обуславливающие интенсивность смерзания и эффективность экскавации горных пород.

Поэтому изучать процессы смерзания горных пород следует раздельно, в зависимости от периодов года: 1) период весна-лето; 2) период осень-зима.

В связи с этим, время цикла драглайна для этих периодов впервые предложено определять по отдельным эмпирическим зависимостям [3, 4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панишев С.В. Обоснование рациональных параметров бесстроктной системы разработки многолетнемерзлых вскрышных пород. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 1999. – 87 с.
2. Панишев С.В., Ермаков С.А., Алькова Е.Л. О влиянии гранулометрии взорванного массива многолетнемерзлых пород на производительность драглайна // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. - №9. С. 93-98.
3. Панишев С.В., Ермаков С.А., Каймонов М.В. Исследование влияния температурного режима взорванных многолетнемерзлых пород Кангаласского месторождения на производительность драглайна // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. - №7. – С. 146-150.
4. Панишев С.В., Ермаков С.А. Влияние температурного режима на эффективность разработки вскрышных пород месторождений криолитозоны // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. – 2013. – № 2. – С. 132 – 138.

ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Панишев Сергей Викторович – старший научный сотрудник, кандидат технических наук, e-mail: s.v.panishhev@igds.ysn.ru

Ермаков Сергей Александрович – заведующий лабораторией открытых горных работ, старший научный сотрудник, кандидат технических наук, s.a.ermakov@igds.ysn.ru

Каймонов Михаил Васильевич – старший научный сотрудник, кандидат технических наук, e-mail: gtf@igds.ysn.ru

Козлов Денис Сергеевич – ведущий инженер, dan_xw@mail.ru

Максимов Михаил Саввич – инженер, mexes_07@mail.ru

Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН.

