

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ЯНЦ СО РАН

Чл.-корр. РАН



Лебедев М.П.

04 октября 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук» (ЯНЦ СО РАН)**

Диссертация Максимова Михаила Саввича «Обоснование производительности и рациональных параметров экскавации драглайном многолетнемерзлых горных пород, склонных к повторному смерзанию (на примере разреза «Кангаласский»)» по специальности 2.8.8. «Геотехнология, горные машины» выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук».

В период подготовки диссертации соискатель ученой степени Максимов Михаил Саввич работал в должности младшего научного сотрудника лаборатории открытых горных работ Института горного дела Севера им. Н. В.Черского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук».

В 2010 г. соискатель окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова по специальности 130403 «Открытые горные работы». С 2011 по 2014 гг. проходил обучение в очной аспирантуре ФГБУН Института горного дела Севера им. Н. В.Черского Сибирского отделения Российской академии наук по специальности 25.00.22. «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»

Справка о сдаче экзаменов кандидатского минимума выдана в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» в 2022 г.

Научный руководитель – кандидат технических наук Панишев Сергей Викторович – работает в должности ведущего научного сотрудника и.о. заведующего лабораторией открытых горных работ Института горного дела Севера им. Н. В.Черского Сибирского отделения Российской академии наук –

обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук».

По итогам обсуждения диссертации «Обоснование производительности и рациональных параметров экскавации драглайном многолетнемерзлых горных пород, склонных к повторному смерзанию (на примере разреза «Кангаласский»)» было принято следующее заключение.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-практической задачи обоснования производительности драглайна и рациональных параметров экскавации смерзающихся взорванных горных пород с учетом изменения их температуры в забое в разные периоды года (весна-лето; осень-зима) в условиях разработки месторождений криолитозоны, что позволит снизить негативное влияние процесса повторного смерзания взорванных горных пород на эффективность бестранспортной системы разработки.

Основополагающим в работе является научное исследование влияния температуры и влажности пород, гранулометрического состава кусков породы в развале и забое драглайна, параметров забоя и технологической схемы отработки блока на производительность драглайна в условиях повторного смерзания взорванных горных пород, оценка показателя трудности экскавации, учитывающая изменение прочности смерзшихся вскрышных пород на срез на образцах, структурно сопоставимых с взорванным массивом горных пород, в зависимости от его температуры, влажности, гранулометрического состава и плотности упаковки, позволяющая обосновать условия эффективного применения бестранспортной технологии при разработке взорванных ММГП, склонных к повторному смерзанию.

Целью диссертационной работы является обоснование производительности драглайна и рациональных параметров экскавации взорванных мерзлых пород, позволяющих снизить негативное влияние процесса их повторного смерзания на эффективность бестранспортной системы разработки.

Для достижения указанной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. провести анализ современного состояния вопроса процесса смерзания горных пород, его влияния на технологию и параметры бестранспортной системы разработки;
2. исследовать особенности формирования температурного режима породы в забое драглайна при экскавации взорванной смерзающейся горной массы в разные периоды года и обосновать зависимость производительности драглайна от температуры пород в забое в течение календарного года;
3. исследовать гранулометрический состав пород в развале и забое драглайна в зависимости от температурного режима пород и установить его влияние на производительность экскаватора в течение календарного года;

4. исследовать влияние параметров забоя и технологической схемы отработки блока на производительность драглайна в условиях повторного смерзания взорванной горной массы;

5. разработать специализированный стенд и провести исследования прочности смерзшихся вскрышных пород на срез на образцах, структурно сопоставимых с взорванным массивом горных пород для оценки показателя трудности их экскавации и обосновать условия эффективного применения бестранспортной технологии при открытой разработке месторождений криолитозоны;

6. разработать рекомендации по рациональным параметрам и технологии ведения вскрышных работ в разные периоды года (весна-лето, осень-зима), обеспечивающих снижение негативного влияния процесса повторного смерзания взорванной горной массы на эффективность бестранспортной технологии при открытой разработке месторождений криолитозоны.

Основные результаты диссертации:

1. Установлено, что основными факторами, характеризующими процесс смерзания взорванных ММГП, являются температура и влажность горных пород, а также природно-климатические условия. Получена оценка их влияния на эффективность ведения открытых горных работ при разработке пластовых месторождений в условиях криолитозоны.

2. Установлены особенности формирования температурного режима в развале взорванных ММГП в разные периоды года и влияние температуры поверхностного слоя смерзающихся горных пород на производительность драглайна. Так, фактическое время рабочего цикла драглайна с понижением температуры поверхностного слоя пород забоя (от +5°C до -17°C) увеличивается в среднем в несколько (до 3,5) раз и, соответственно, снижается его производительность. Стабилизация времени рабочего цикла происходит при достижении температуры породы в забое от 0°C и выше.

3. Определена зависимость производительности драглайна от температуры поверхностного слоя взорванного массива при последовательном обнажении забоя. При одной и той же отрицательной температуре породы в забое драглайна, снижение производительности экскаватора происходит в наибольшей степени в весенний период, когда процесс смерзания наиболее интенсивен.

Для вычисления продолжительности времени цикла драглайна в разные периоды года выведены эмпирические формулы:

$$\text{Весна-лето: } T_{\text{ц}} = e^{0,34-0,044T_{\text{п}}+9,58 \cdot 10^{-4}T_{\text{п}}^2}, \text{ мин.};$$

$$\text{Осень-зима: } T_{\text{ц}} = 0,63e^{-0,03T_{\text{п}}}, \text{ мин.},$$

где $T_{\text{п}}$ – температура пород в забое, °C.

4. По результатам натурных исследований установлен характер изменения гранулометрического состава кусков породы в развале и забое драглайна, при этом отмечено, что при повышении температуры поверхности породы доля крупных фракций (>500 мм) существенно снижается (до 3 раз),

а доля фракций 201-300 мм возрастает в 1,5-2 раза.

5. Разработан специализированный стенд и проведены исследования прочности смерзшихся вскрышных пород на срез на образцах, структурно сопоставимых с взорванным массивом горных пород, что позволило оценить показатель трудности их экскавации и обосновать условия эффективного применения бестранспортной технологии при открытой разработке месторождений криолитозоны на примере разреза «Кангаласский».

6. Экспериментально установлено, что прочность на срез образцов, структурно сопоставимых с взорванным массивом ММГП, растет с понижением температуры, а также с увеличением влажности и плотности упаковки. Размер включений в образцах нарушенной структуры при минимальных значениях влажности 10% и температуры -5°C (по условиям эксперимента, для вскрышных пород Кангаласского месторождения) не оказывает существенного влияния на прочность на срез. Однако с увеличением влажности и понижением температуры породы прочность на срез образцов, структурно сопоставимых с взорванным массивом, изменяется в сторону снижения в зависимости от увеличения размера включений.

7. Обоснованы рациональные параметры и технология ведения вскрышных работ в разные периоды года (весна-лето, осень-зима), в частности, в весенне-летний период высоту уступа следует принимать в диапазоне от 15 м до 25 м, а ширину заходки 40 и 50 м при послышной отработке взорванного экскаваторного блока и превентивным орошением зон повторного смерзания растворами ПАВ, для осенне-зимнего периода рекомендуется бестранспортная схема с торцевым забоем и нижним черпанием, расположением драглайна на кровле развала с высотой вскрышного уступа до 25 м и шириной вскрышной заходки 40 м.

Все результаты диссертации получены лично при научном руководстве к.т.н. Панишевым С.В.

Научная новизна работы состоит в:

- установлены особенности формирования температурного режима в развале взорванных ММГП в разные периоды года (весна-лето, осень-зима). Показано, что в весенне-летний период температура поверхностного слоя отбитых кусков навала зависит от хладозапаса, накопленного в зимний период и величины солнечной инсоляции, а в осенне-зимний период – от тепловой инерции массива, разогретого летом и воздействия низких температур окружающего воздуха;

- впервые выявлена зависимость производительности драглайна от температурного режима породы в забое и размера среднего куска при последовательном обнажении забоя в условиях повторно смерзающихся взорванных пород на месторождениях криолитозоны. Экспериментально установлено, что гранулометрический состав взорванных ММГП имеет непосредственную связь с их температурой в массиве.

- предложена эффективная технология экскавации драглайном взорванного массива ММГП с послышным снятием растепленного слоя породы по длине экскаваторного блока, обоснованная результатами

моделирования температурных полей, показывающими упорядоченный характер послойного распространения температуры по всей длине взорванного блока;

- экспериментально установлено, что прочность на срез образцов, структурно сопоставимых с взорванным массивом ММГП, растет с понижением температуры, а также с увеличением влажности и плотности упаковки. Гранулометрический состав при минимальных значениях влажности (10%) и температуры (-5°C) не оказывает существенного влияния на прочность на срез, а при максимальных значениях температуры (-15°C) и влажности (15%) прочность на срез снижается в зависимости от увеличения размера включений.

Практическая значимость работы заключается в обосновании производительности драглайна и рациональных параметров экскавации взорванных смерзающихся вскрышных пород в условиях месторождений криолитозоны в различные периоды года, а также разработке методики оценки показателя трудности экскавации, что позволило обосновать область эффективного использования шагающего экскаватора для условий разработки Кангаласского месторождения угля.

Научная ценность работы состоит в том, что полученные результаты могут быть использованы при проектировании горнодобывающих предприятий, открытой разработке пластовых месторождений в зоне многолетней мерзлоты с использованием бестранспортной системы разработки, а также в учебном процессе по специальности «Открытые горные работы».

Обоснованность и достоверность результатов и выводов, полученных автором, подтверждается компьютерным и физическим моделированием, большим объемом экспериментальных и натуральных измерений, полученных с применением разработанной методики исследований, сходимостью результатов экспериментальных и натуральных исследований, относительное расхождение которых не превышает 10-15%.

Личный вклад соискателя: лабораторные и натурные исследования выполнены лично автором. Автор принимал непосредственное участие на всех этапах исследований по постановке задач, разработке и созданию оригинального стенда, разработке методики прочности образцов смерзшихся вскрышных пород на срез, обработке и анализе полученных результатов натуральных и лабораторных исследований, разработке предложений (рекомендаций) по снижению влияния процесса повторного смерзания ММГП на эффективность бестранспортной технологии.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на семинарах и ученом совете ИГДС СО РАН, научно-практических конференциях молодых ученых и специалистов ИГДС СО РАН «Проблемы горной науки: взгляд молодых ученых» (Якутск, 2012, 2014), научно-технической конференции «Современные проблемы теплофизики и теплоэнергетики в условиях Крайнего Севера» (Якутск, 2017), Всероссийских научно-практических конференциях «Геомеханические и

геотехнологические проблемы эффективного освоения месторождений твердых полезных ископаемых северных и северо-восточных регионов России» (Якутск, 2019, 2021), Всероссийской научной конференции с международным участием «Научно-технические проблемы и технологии освоения месторождений полезных ископаемых в сложных горно-геологических условиях и на больших глубинах горных работ» (Новосибирск, 2022).

Диссертационная работа Максимова М. С. «Обоснование производительности и рациональных параметров экскавации драглайном многолетнемерзлых горных пород, склонных к повторному смерзанию (на примере разреза «Кангаласский»)» является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой и удовлетворяет требованиям, установленным пунктами № 9, №10 и №14. Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. №842, а также Паспорту научной специальности 2.8.8. «Геотехнология, горные машины» по пункту 1: «Научные основы создания и развития технологий и оборудования для комплексного освоения и сохранения недр в различных горно-геологических и природно-климатических условиях».

Основные положения и результаты диссертационной работы отражены в 18 печатных работах, из них 11 статей в изданиях, входящих в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 2 статьи входят в международную базу данных Scopus. Получено 2 патента РФ на изобретения.

Основными работами автора по теме диссертации являются:

1. Панишев, С. В. Особенности разработки смерзающихся вскрышных пород драглайном в условиях пластового месторождения криолитозоны / С. В. Панишев, С. А. Ермаков, М. С. Максимов, Е. Л. Алькова // Горный информационно-аналитический бюллетень Отд. выпуск. : Дальний Восток. – 2013. – № ОВ 4. С. 38 – 49.

2. Панишев, С. В. Комплексный мониторинг температурного режима многолетнемерзлых горных пород Кангаласского угольного разреза / С. В. Панишев, С. А. Ермаков, М. В. Каймонов, М. С. Максимов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 9. – С. 62 – 70.

3. Панишев, С. В. Мониторинг производительности драглайна с использованием тепловизионной съемки забоя и системы лазерного сканирования в условиях пластового месторождения криолитозоны / С. В. Панишев, С. А. Ермаков, М. С. Максимов, Д. С. Козлов, И. В. Васильев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 4. – С. 117 – 122.

4. Панишев, С. В. Рекомендации по отработке драглайном взорванного многолетнемерзлого массива / С. В. Панишев, М. В. Каймонов, М. С. Максимов, Д. С. Козлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 10. – С. 66 – 71.

5. Панишев, С. В. Комплексный мониторинг работы драглайна на

угольном месторождении криолитозоны. / С. В. Панишев, Д. С. Козлов, М. С. Максимов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 7. Спец. выпуск. 30. : Геомеханические и геологические проблемы освоения недр Севера – С. 185 – 193.

6. Алькова, Е. Л. Экспериментальные исследования прочности на срез мерзлых горных пород на образцах большого размера / Е. Л. Алькова, С. В. Панишев, М. С. Максимов, Д. С. Козлов // Успехи современного естествознания – 2016. – № 8. – С. 145 – 149.

7. Панишев, С. В. Исследование прочностных характеристик мерзлых образцов однородной и нарушенной структуры / С. В. Панишев, Е. Л. Алькова, М. С. Максимов // Успехи современного естествознания – 2018. – № 11. – С. 383 – 388.

8. Панишев, С. В. К оценке показателя трудности экскавации смерзающегося взорванного массива горных пород / С. В. Панишев, Е. Л. Алькова, М. С. Максимов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых – 2019. – № 3. – С. 31 – 36.

9. Алькова, Е. Л. Оценка относительного показателя трудности экскавации взорванного массива в условиях криолитозоны / Е. Л. Алькова, С. В. Панишев, М. С. Максимов // Успехи современного естествознания – 2020. № 11. – С. 32 – 38. – DOI 10.17513/use.37511.

10. Максимов, М. С. О проблеме вторичного смерзания пород и его влиянии на эффективность бестранспортной разработки месторождений криолитозоны / М. С. Максимов // Рациональное освоение недр – 2020. № 2. С. 44 – 53. – DOI 10.26121/RON.2020.99.52.00.

11. Maksimov, M.S. Preparation of frozen rock samples for shear tests / Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 773 M.S Maksimov and D.S Kozlov 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 773 012075 3p. (In Russian) – doi:10.1088/1755-1315/773/1/012075.

12. Максимов, М. С. Исследование влияния размеров включений на прочность смерзшихся образцов горных пород на срез / М. С. Максимов, С. В. Панишев, Е. Л. Алькова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 12-1. – С. 139 – 147. – DOI:10.25018/0236_1493_2021_121_0_139.

13. Алькова, Е. Л. Исследование влияния содержания мелкой и крупной фракции на показатель трудности экскавации смерзающегося взорванного массива горных пород / Е. Л. Алькова, С. В. Панишев, М. С. Максимов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 12-1. – С. 29 – 38. – DOI:10.25018/0236_1493_2021_121_0_29.

Патенты:

14. Патент на изобретение № 2542007 Российская Федерация, МПК Е 21 С 41/26. Способ разработки смерзающихся вскрышных пород : № 2013159241/03 : заявл. 30.12.2013 : опубл. 20.02.2015 / Панишев С. В., Ермаков С. А., Каймонов М. В., Зарубин В. А., Зедгенидзе А. И., Максимов М. С., Козлов Д. С. ; заявитель и патентообладатель ФГБУН Институт

горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН // Бюл. № 5.

15. Патент на изобретение № 2629610 Российская Федерация, МПКG01N 33/24. Способ изготовления смерзшихся образцов, структурно сопоставимых с взорванным массивом горных пород : № 2016121595 : заявл. 31.05.2016 : опубл. 30.08.2017 / Панишев С. В., Ермаков С. А., Алькова Е. Л., Максимов М. С., Козлов Д. С. ; заявитель и патентообладатель ФГБУН Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН // Бюл. № 25.

В прочих научных изданиях:

16. Алькова, Е. Л. К вопросу о трудности экскавации смерзающегося взорванного массива / Е.Л. Алькова, С. В. Панишев, М. С. Максимов // Тенденция развития науки и образования – 2019. – № 54-1. – С. 21 – 25.

17. Максимов, М.С. Подготовка образцов смерзшихся горных пород для испытаний прочности на срез / М.С. Максимов, Д.С. Козлов // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук – 2019. – Т.6, № 3. – С. 297 – 300.

18. Панишев, С. В. К вопросу прогноза производительности драглайна при экскавации смерзающейся взорванной горной массы в условиях месторождений криолитозоны / С. В. Панишев, М. В. Каймонов, М. С. Максимов, Е. Л. Алькова // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2022. – Т.9, – № 3. С. 136 – 140.

Диссертация «Обоснование производительности и рациональных параметров экскавации драглайном многолетнемерзлых горных пород, склонных к повторному смерзанию (на примере разреза «Кангаласский»)» Максимова Михаила Саввича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 2.8.8. «Геотехнология, горные машины».

Заключение принято на расширенном заседании ученого совета Института горного дела Севера им. Н.В.Черского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», проходившем 03.10.2023 г.

Присутствовало на заседании 11 членов Совета из 15, 6 приглашенных научных сотрудников. Результаты голосования: «за» 11, «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 5 от 03 октября 2023 г.

Председатель заседания:
Директор ИГДС СО РАН,
д.т.н., с.н.с.



Ткач С.М.

Ученый секретарь, к.т.н.



Саломатова С.И.