

На правах рукописи

Сокол Денис Геннадьевич



**РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ
ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕНСИВНОЙ ОТРАБОТКИ
КАЛИЙНЫХ ПЛАСТОВ ДЛИННЫМИ ОЧИСТНЫМИ
ЗАБОЯМИ В УСЛОВИЯХ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ**

*Специальность 25.00.22 – Геотехнология (подземная,
открытая и строительная)*

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Санкт-Петербург – 2021

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Зубов Владимир Павлович

Официальные оппоненты:

Агафонов Валерий Владимирович

доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», кафедра геотехнологии освоения недр, профессор;

Семенцов Вячеслав Владимирович

кандидат технических наук, акционерное общество «Научный центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли», лаборатория горной геомеханики, заведующий лабораторией.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», г. Тула.

Защита диссертации состоится 30 сентября 2021 г. в 11:00 на заседании диссертационного совета ГУ 212.224.06 Горного университета по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, д.2, ауд. № 1171а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Горного университета и на сайте www.spmi.ru.

Автореферат разослан 30 июля 2021 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета



ИВАНОВ
Владимир Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

На современном этапе развития соледобывающие предприятия, в связи с истощением запасов на обрабатываемых шахтных полях, сталкиваются с необходимостью вовлечения в отработку новых, глубокозалегающих и труднодоступных пластов полезного ископаемого. Сложившаяся ситуация накладывает определенные ограничения на возможности наращивания производственных мощностей рудников. Можно отметить, что ресурсы технического перевооружения на сегодняшний день во многом исчерпаны и одним из основных путей улучшения технико-экономических показателей производства является усовершенствование используемых технологий добычи, основанных на использовании бесцеликовых систем разработки длинными столбами.

К числу основных тенденций, определяющих направления совершенствования ресурсосберегающих технологий отработки калийных пластов на рудниках ОАО «Беларуськалий», относятся: постоянный рост энерговооруженности очистного оборудования; увеличение глубины горных работ и связанное с этим увеличение температуры вмещающих пород; повышение концентрации горных работ; актуализация социальных вопросов, связанных с обеспечением условий труда в соответствии с санитарными нормами и правилами безопасности.

Степень разработанности темы исследования

Существенный вклад в совершенствование технологий отработки калийных пластов длинными очистными забоями, с учетом изменяющихся горно-геологических и горнотехнических условий, внесли Горный университет, ОАО «Белгорхимпром», ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», Горный институт УрО РАН и другие организации. На современное состояние и перспективы совершенствования технологий отработки калийных пластов на рудниках Старобинского месторождения значительное влияние оказали результаты исследований С.Г. Губанова, Ю.Д. Дядькина, В.П. Зубова, А.В. Зайцева, П.А. Калугина, О.В. Ковалева, А.Е. Красноштейна, Б.И. Петровского, В.Я. Прушака, Ю.Г. Сиренко, А.Д. Смычника.

Практический опыт отработки Старобинского месторождения убедительно подтвердил правильность выдвинутой в 2002–2003 гг. сотрудниками Горного университета и ОАО «Белгорхимпром» концепции о перспективных направлениях совершенствования технологий отработки основных продуктивных пластов Старобинского месторождения. Основой данной концепции является положение «...о необходимости ведения очистных работ без оставления целиков полезного ископаемого между выемочными столбами или с оставлением между столбами податливых целиков с размерами, при которых происходит их разрушение горным давлением в выработанном пространстве». Ресурсосберегающие технологии, разработанные с учетом указанной концепции, при проектировании горных работ на рудниках ОАО «Беларуськалий» относятся к числу наиболее перспективных.

Переход на использование в лавах высокопроизводительных комбайнов с установленной мощностью электродвигателей 480–550 кВт и более позволяет добывать из одного очистного забоя до 2 млн. т руды в год. Вместе с тем высокая энерговооруженность очистного оборудования в сочетании с достигнутой глубиной ведения очистных работ является одной из основных причин повышенной температуры воздуха в очистных забоях. Практически во всех панелях при глубинах разработки продуктивных пластов 500–600 м и более температура воздушных струй в комплексно механизированных лавах превышает предельно допустимые значения (+26 °С), определенные с учетом обеспечения условий для безопасного и производительного труда горнорабочих и регламентируемые действующими нормативными документами. Известные подземные системы кондиционирования для снижения температуры воздуха в лавах не нашли широкого применения на рудниках ОАО «Беларуськалий» из-за существенных экономических затрат и сложности адаптации этих систем к применяемым ресурсосберегающим технологиям. Фактическое превышение температур в лавах достигает 5–9 °С.

Цель работы – разработка ресурсосберегающих технологий отработки калийных пластов длинными очистными забоями в условиях глубоких горизонтов, обеспечивающих снижение температуры воздуха в лавах, характеризующихся высокой

энерговооруженностью очистного оборудования, без применения подземных систем кондиционирования воздуха.

Идея работы заключается в использовании технологических схем, включающих подачу воздуха в лаву по выработке определенной длины, поддерживаемой за лавой и обеспечивающей возможность обособленного проветривания лавы и энергопоезда, а также охлаждения поступающей в лаву струи воздуха за счет теплообмена с вмещающими породами и породами, обрушившимися в выработанном пространстве.

Основные **задачи** исследований:

1. Установление основных направлений совершенствования известных технологий разработки калийных пластов длинными очистными забоями с учетом увеличения глубины горных работ.

2. Оценка эффективности известных способов снижения температуры воздуха в лавах при отработке пластов полезных ископаемых на больших глубинах длинными очистными забоями с использованием высокопроизводительных очистных механизированных комплексов.

3. Исследование влияния горно-геологических и горнотехнических факторов на температуру воздуха на различных участках по длине лавы.

4. Определение параметров разработанной ресурсосберегающей технологии отработки калийных пластов, характеризующихся высокой энерговооруженностью очистного оборудования.

Научная новизна работы:

1. Установлены зависимости температуры воздуха, поступающего в лаву при использовании рекомендуемой бесцеликовой технологии интенсивной отработки калийных пластов, от длины поддерживаемого за лавой участка воздухоподающей выработки и температуры вмещающих пород.

2. Установлены факторы, влияющие на закономерности изменения температуры воздушной струи в пределах выемочного участка при использовании бесцеликовых технологий интенсивной

отработки калийных пластов лавами, характеризующимися высокой энерговооруженностью очистного оборудования.

Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Разработаны экономически эффективные технологии выемки калийных пластов, позволяющие в условиях глубоких горизонтов снизить температуру воздуха в лаве без применения подземных систем кондиционирования воздуха.

2. Определены параметры бесцеликовых технологий разработки калийных пластов лавами, оборудованными высокопроизводительными очистными механизированными комплексами с высокой энерговооруженностью.

Методология и методы исследования. Для решения поставленных задач использован комплексный метод исследований, включающий системный анализ применяемых технологий разработки калийных пластов длинными столбами; шахтные исследования влияния горнотехнических факторов на формирование температурного режима в подготовительных выработках и очистных забоях; технико-экономическую оценку разработанных технологий.

Основные защищаемые положения:

1. При использовании известных технологий отработки калийных пластов длинными очистными забоями с использованием высокопроизводительных очистных механизированных комплексов определяющее влияние на температуру воздушной струи на входе в лаву оказывают место расположения энергопоезда лавы, глубина горных работ, температура пород в выработанном пространстве, расстояние от лавы до магистральной воздухоподающей выработки. В условиях рудников ОАО «Беларуськалий» при расположении энергопоезда в конвейерном штреке впереди забоя лавы температура струи воздуха на входе в лаву превышает ее предельно допустимые значения, регламентируемые санитарными нормами, на 6-9°C.

2. При отработке калийных пластов лавами, характеризующимися высокой энерговооруженностью очистного оборудования, снижение температуры воздуха в призабойном пространстве лав без применения подземных систем кондиционирования воздуха достигается при использовании разработанной технологии, включающей подачу воздуха в лаву по

выработке определенной длины, поддерживаемой за лавой и обеспечивающей возможность обособленного проветривания лавы и энергопоезда, а также охлаждение поступающей в лаву струи воздуха за счёт теплообмена с вмещающими породами.

3. Использование разработанных ресурсосберегающих технологий отработки калийных пластов длинными очистными забоями позволяет снизить температуру струи воздуха на входе в лаву без применения подземных систем кондиционирования воздуха на 4-9°C при глубинах ведения очистных работ до 850-900м.

Степень достоверности результатов исследования обеспечивается представительным объемом проанализированных данных натуральных наблюдений; использованием современных апробированных методов проведения исследований и обработки результатов; применением современных методов экономической оценки разработанных технических решений; удовлетворительной сходимостью результатов натуральных и численных исследований.

Апробация результатов. Основные результаты выполненных исследований обсуждались на международных и всероссийских конференциях, в том числе: XXVIII Международный научный симпозиум «Неделя горняка - 2020» (г. Москва, 2020 г.); XII Всероссийская научно-практическая конференция молодых учёных «Россия молодая» (г. Кемерово, 2020 г.); X Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные направления в проектировании горнодобывающих предприятий: Эффективное освоение месторождений полезных ископаемых» (г. Санкт-Петербург, 2020 г.).

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач диссертационного исследования; анализе зарубежной и отечественной научной литературы по теме исследования, выборе методики и проведении экспериментально-аналитических и натуральных исследований, обобщении результатов исследований, формулировке основных защищаемых положений и выводов.

Публикации по работе. Основные результаты диссертационных исследований опубликованы в 4 печатных работах, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные

научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; в 1 статье - в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получены 2 патента.

Структура работы. Диссертация состоит из оглавления, введения, четырёх глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 51 наименование. Диссертация изложена на 102 страницах машинописного текста, содержит 37 рисунков и 4 таблицы.

Благодарности

Автор выражает благодарность доктору технических наук, профессору Зубову Владимиру Павловичу за помощь, оказанную при работе над диссертацией, сотрудникам кафедры РМПИ Горного университета, а также сотрудникам ОАО «Беларуськалий» за помощь в организации шахтных исследований и предоставленные информационные материалы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель, идея, задачи, защищаемые положения и научная новизна полученных результатов.

В первой главе представлены результаты анализа применяемых технологий отработки калийных пластов при использовании системы разработки длинными столбами. Рассмотрены преимущества и недостатки существующих технологий. Сформулированы цель и задачи научного исследования.

Во второй главе представлен анализ известных способов снижения температуры воздуха в лавах. Выдвинуто предположение о возможности управления температурным режимом в лавах для определённых диапазонов глубин ведения горных работ горнотехническими способами.

В третьей главе описаны результаты проведенных шахтных инструментальных исследований температуры воздушных струй в пределах панелей и в очистных забоях на рудниках Старобинского месторождения.

В четвертой главе приведены данные о рекомендуемых технологиях интенсивной отработки калийных пластов длинными

очистными забоями, характеризующихся высокой энерговооруженностью оборудования. Произведена оценка области использования разработанных технологий.

Основные результаты выполненных исследований отражены в следующих защищаемых положениях.

1. При использовании известных технологий отработки калийных пластов длинными очистными забоями с использованием высокопроизводительных очистных механизированных комплексов определяющее влияние на температуру воздушной струи на входе в лаву оказывают место расположения энергопоезда лавы, глубина горных работ, температура пород в выработанном пространстве, расстояние от лавы до магистральной воздухоподающей выработки. В условиях рудников ОАО «Беларуськалий» при расположении энергопоезда в конвейерном штреке впереди забоя лавы температура струи воздуха на входе в лаву превышает ее предельно допустимые значения, регламентируемые санитарными нормами, на 6-9°С.

В соответствии с действующими нормативными документами в условиях калийных рудников ОАО «Беларуськалий» к числу наиболее перспективных относят технологии без оставления целиков между выемочными столбами или с оставлением небольших целиков, разрушение которых в выработанном пространстве происходит в результате влияния горного давления. Такие технологии позволяют в благоприятных горногеологических условиях обеспечить высокий коэффициент извлечения полезного ископаемого, достигать высоких среднесуточных нагрузок на очистные забои и обеспечивают низкую себестоимость добычи. С использованием данных технологий связаны перспективы извлечения маломощных пластов на ряде соляных месторождений мира, в том числе на одном из крупнейших – Старобинском месторождении калийных солей.

К числу особенностей развития горных работ на Старобинском месторождении калийных солей можно отнести:

- увеличение производственных мощностей за счет повышения энерговооруженности забоев;

- вовлечение в отработку запасов полезного ископаемого, залегающих на нижележащих горизонтах;
- применение в лавах высокопроизводительных очистных механизированных комплексов;
- увеличение длины выемочных столбов, а следовательно, и протяжённости участков подготовительных выработок;
- рост уровня концентрации горных работ.

Отработка выемочных столбов осуществляется при использовании типовых технологий, общим признаком которых является подача свежей струи воздуха в лаву по выработке (конвейерный штрэк), в которой располагается энергопоезд – вспомогательное оборудование, входящее в состав механизированного комплекса и установленное на ставе штрекового конвейера. Энергопоезд расположен в непосредственной близости от лавы. При движении воздушной струи на участке расположения энергопоезда происходит существенное увеличение температур воздуха при использовании в лавах оборудования с высокой энерговооруженностью.

В соответствии с «Правилами промышленной безопасности...» температура воздуха в забоях и на рабочих местах с постоянным присутствием персонала не должна превышать 26°C. При температуре воздуха свыше 26°C должно осуществляться его охлаждение или разрабатываться мероприятия, предусматривающие режим работы персонала с перерывами на отдых в специально оборудованных местах - защита временем от вредных факторов.

Исследования, проведенные на рудниках 1 РУ, 3 РУ и 4 РУ, показали, что практически во всех исследованных случаях при глубинах разработки пластов более 500-600м температура воздушных струй в комплексно-механизированных лавах существенно превышает предельно допустимую температуру воздуха (+26 °С), определенную по фактору «обеспечение условий для безопасного и производительного труда горнорабочих» и регламентируемую действующими нормативными документами.

В качестве примера на рисунке 1 представлены результаты измерений температуры воздуха в пределах второй северной панели рудника 1 РУ: 1 - максимально допустимая температура воздуха в

лаве; 2 – температура вмещающих пород; 3 – температура воздуха в транспортном штреке; 4 – температура воздуха в конвейерном штреке, забое лавы и вентиляционном штреке; 5 – температура воздуха в выработанном пространстве лавы. Замеры осуществлялись в лаве третьего калийного горизонта, обрабатывающей слои 2, 2-3, 3. При движении по выработкам околоствольного двора и главным воздухоподающим выработкам температура воздуха выравнивается до температуры нетронутого массива горных пород на расстоянии 2500-3000 метров. На всём остальном протяжении горных выработок микроклиматические условия остаются практически неизменными. Существенное повышение температуры воздушной струи происходит на участках ведения очистных работ в связи со значительными выделениями теплоты при работе энергоёмкого очистного электрооборудования. Наиболее неблагоприятные микроклиматические условия наблюдаются на сопряжении лавы с воздухоподающими выработками.

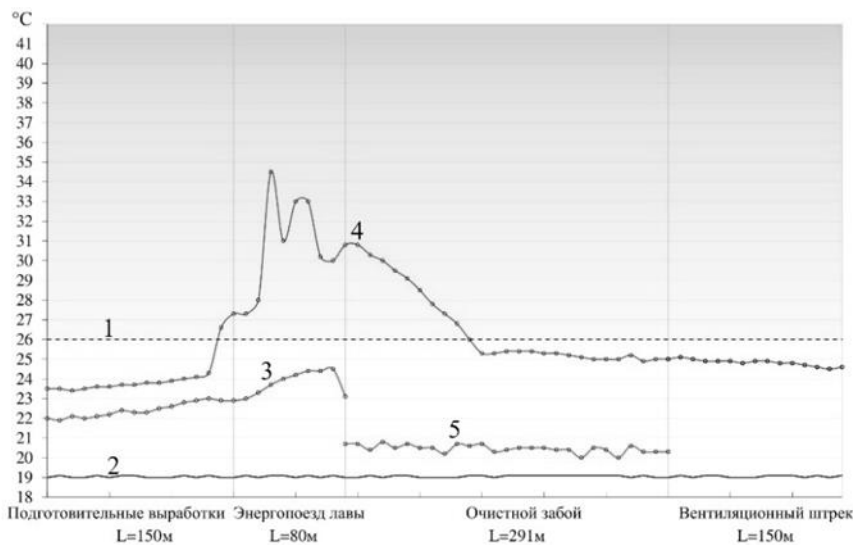


Рисунок 1 – Результаты шахтных измерений температуры воздуха в пределах второй северной панели рудника 1РУ, лава №94

При всех рассмотренных вариантах технологических схем основным фактором формирования высоких температур на сопряжении конвейерного штрека с лавой являются тепловыделения от энергопоезда, которые приводят к увеличению температуры струи воздуха на 10-15°C. При этом наиболее существенное влияние на увеличение температуры струи воздуха, поступающей в лаву, энергопоезд оказывает на участке расположения установки для охлаждения электродвигателей и редукторов комбайна, а также на участке расположения трансформаторных подстанций. На этих участках температура воздуха достигает 40-41°C.

2. При отработке калийных пластов лавами, характеризующимися высокой энерговооруженностью очистного оборудования, снижение температуры воздуха в призабойном пространстве лав без применения подземных систем кондиционирования воздуха достигается при использовании разработанной технологии, включающей подачу воздуха в лаву по выработке, определенной длины, поддерживаемой за лавой и обеспечивающей возможность обособленного проветривания лавы и энергопоезда, а также охлаждение поступающей в лаву струи воздуха за счёт теплообмена с вмещающими породами.

Согласно действующим технологическим схемам, применяемым при отработке калийных пластов с использованием систем разработки длинными столбами, подача свежей струи воздуха во всех случаях осуществляется по конвейерным и транспортным штрекам. При движении струи по конвейерному штреку, на участке вдоль энергопоезда лавы, происходит увеличение температуры воздушного потока до критических значений, превышающих предельно допустимые, из-за интенсивных тепловыделений от оборудования, расположенного в составе энергопоезда лавы.

На рудниках ОАО «Беларуськалий» имеется опыт использования для снижения температуры воздуха в лавах подземных систем кондиционирования воздуха. Однако такие системы пока не нашли широкого применения на соляных рудниках из-за существенных экономических затрат и сложности адаптации этих систем к применяемым ресурсосберегающим технологиям.

В соответствии с главной идеей, положенной в основу данного диссертационного исследования, рассматриваемая задача во многих случаях может быть решена без применения дорогостоящих технологий кондиционирования воздуха за счёт использования схем с обособленным проветриванием энергопоезда и подачей подсежающей струи воздуха в лаву по поддерживаемым за линией очистного забоя участкам штреков 1 и 2. Струю воздуха для проветривания лавы и энергопоезда подают по транспортному штреку 1 до сбойки 4, которая расположена на расстоянии L от лавы. В дальнейшем свежая струя следует по участку конвейерного штрека, расположенному между сбойкой 4 и лавой. На сопряжении лавы и конвейерного штрека 2 происходит разделение струи воздуха. Основная часть воздуха поступает в забой лавы 6, оставшаяся часть - к месту расположения энергопоезда 7. Отработанную струю воздуха от энергопоезда 7 отводят к вентиляционному штреку 1 по вспомогательной вентиляционной выработке 3. Для регулирования объема воздуха, поступающего к энергопоезду, во вспомогательной выработке 3 устанавливаются соответствующие регулирующие устройства 8, например, временные перемычки с окнами. 9 - линия очистного забоя.

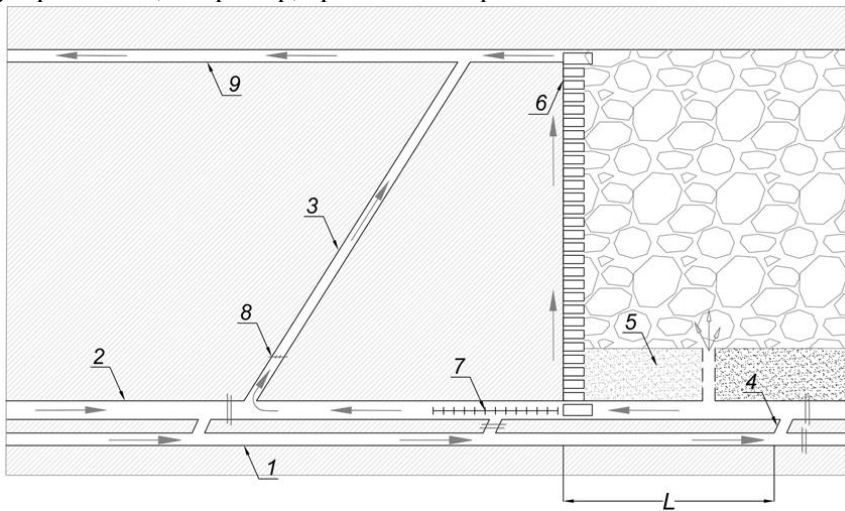


Рисунок 2 – Технологическая схема выемки с обособленным проветриванием энергопоезда и лавы

Также допускается возможность подачи воздуха в забой лавы через выработанное пространство, как показано на рисунке 3, для этого в боковой полосе 5 оставляют технологические сбойки заданного сечения. При подвигании фронта очистных работ происходит поэтапное сокращение протяженности рабочего контура и перемонтаж вентиляционных перемычек по мере отработки выемочного столба. Охрана участков штреков, находящихся за линией очистного забоя, может осуществляться с использованием известных способов, например, породными полосами и крепями различных конструкций. Требуемое поперечное сечение конвейерного штрека в процессе возведения закладочного массива сохраняется путем установки на крайней секции крепи сопряжения отбойного щита, который препятствует полному заполнению штрека закладываемой породой.

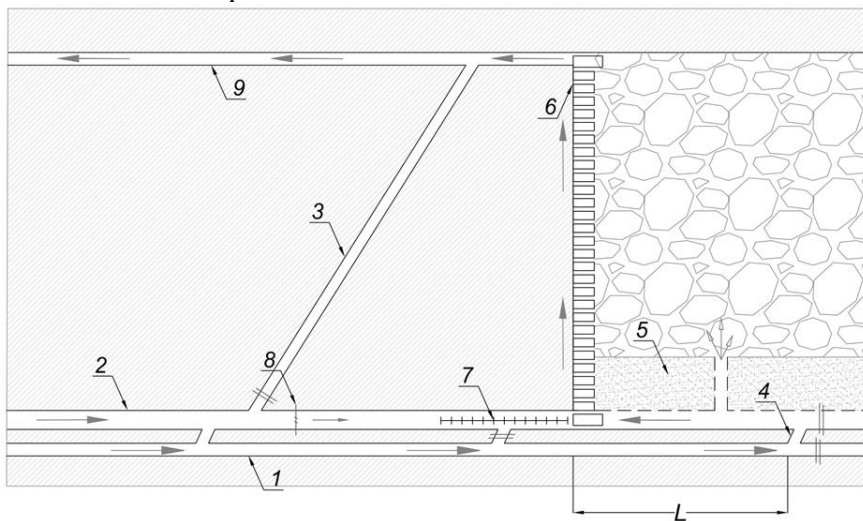


Рисунок 3 – Технологическая схема выемки с последовательным проветриванием энергопоезда и лавы

Применение технологической схемы, представленной на рисунке 2, позволяет снизить температуру поступающей в лаву струи воздуха до величины, не превышающей температуры струи воздуха в

транспортном штреке. Как показали результаты выполненных инструментальных исследований, температура воздуха в данной струе на глубинах ведения очистных работ до 900 метров не превышает 25°C. Дополнительное снижение температуры струи воздуха, поступающей в лаву, обеспечивается за счет теплообмена между данной струей и вмещающими породами при ее движении на участке выработок, поддерживаемых за линией очистного забоя. С учетом характера изменения температуры воздуха по длине подготовительных выработок, при величине расстояния $L=100-120\text{м}$ снижение температуры воздуха составляет порядка 3°C. При использовании разработанных технологий температура струи воздуха на входе в лаву на глубинах до 800м не превышает 24-26 °С.

Таким образом, проведена оценка температурного режима в длинных очистных забоях, показана возможность отработки столбов без применения шахтных систем кондиционирования воздуха, изменения принципиальной схемы проветривания и транспортирования. Разработаны две технологические схемы, параметры и область применения которых зависят от горно-геологических условий и экономической оценки мер охраны участков конвейерного и транспортного штреков, поддерживаемых в выработанном пространстве.

3. Использование разработанных ресурсосберегающих технологий отработки калийных пластов длинными очистными забоями позволяет снизить температуру струи воздуха на входе в лаву без применения подземных систем кондиционирования воздуха на 4-9°C при глубинах ведения очистных работ до 850-900м.

При использовании разработанных технологий длина выработки, поддерживаемой за лавой и обеспечивающей возможность обособленного проветривания лавы и энергопоезда, а также охлаждение поступающей в лаву струи воздуха за счёт теплообмена с вмещающими породами, определяет температуру воздуха в очистном забое.

Минимально необходимая длина поддерживаемых за лавой участков штреков 1 и 2 определяется из условия равенства затрат на его поддержание при отработке выемочного столба и ожидаемого

экономического ущерба, связанного с уменьшением продолжительности рабочей смены при температуре воздуха в лаве, превышающей предельно допустимые значения по санитарным нормам.

Полученные данные о фактическом перепаде температуры воздуха в выработках при существующих величинах расхода воздуха, а также замеры температуры нетронутого массива позволили рассчитать коэффициент нестационарного теплообмена k_t . Зная существующую температуру воздуха на участке транспортного штрека 1 на рисунках 2,3 в районе его пересечения с линией очистного забоя и требуемую температуру воздуха на сопряжении конвейерного штрека 2 и забоя лавы 6, после теплообмена со стенками выработки, по формуле 1 была рассчитана минимально необходимая длина поддерживаемого участка воздухоподающих выработок L при заданных глубине ведения очистных работ и расстоянии от лавы до магистральной воздухоподающей выработки по формуле:

$$L = \frac{P_{air} C_{air} Q}{P k_t} \ln \left(\left| \frac{T_A - 0,021H + 5,5}{T_B - 0,021H + 5,5} \right| \right), \quad (1)$$

где P_{air} – плотность воздуха, кг/м³;

C_{air} – удельная теплоёмкость воздуха, кДж/(кг*К);

Q – текущий расход воздуха в выработке, для которого указано изменение температуры, м³/с;

P – периметр поперечного сечения выработки, м;

k_t – коэффициента нестационарного теплообмена, Вт/м²;

T_A – температура воздуха до теплообмена со стенками выработки, °С;

H – глубина ведения очистных работ, м;

T_B – температура воздуха после теплообмена со стенками выработки, °С.

Аналогичным образом была рассчитана зависимость длины поддерживаемого участка выработок, обеспечивающего требуемую температуру 26 °С на сопряжении конвейерного штрека и забоя лавы, от глубины ведения очистных работ. Результаты вычислений показаны на рисунке 4: при расстоянии между лавой и

магистральным воздухоподающим штреком равном: 1000м – 1, 2000м – 2, 3000м – 3 и 4000м – 4.

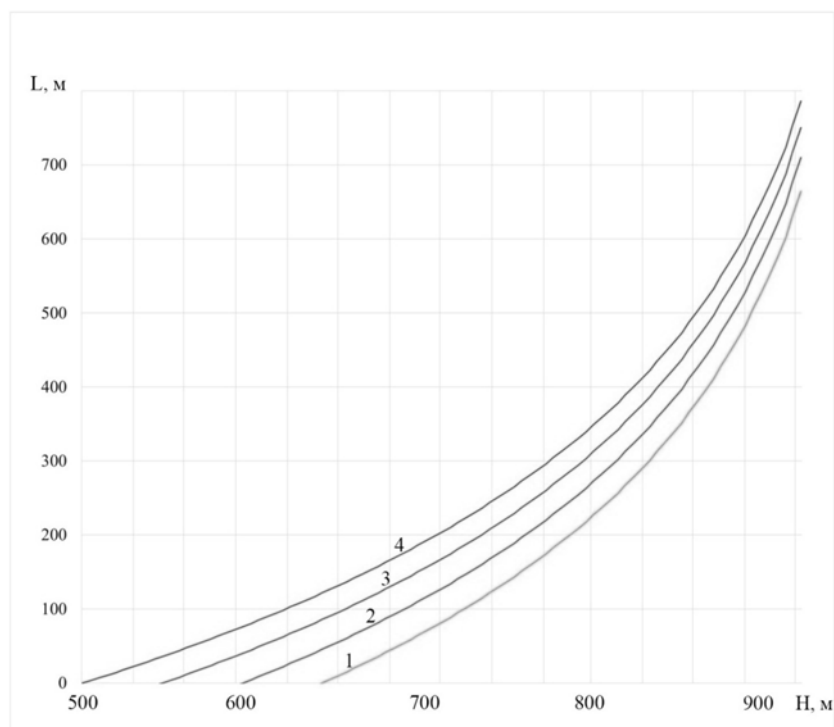


Рисунок 4 – Зависимость минимально необходимой длины поддерживаемого за лавой участка воздухоподающей выработки от глубины ведения очистных работ

Выполненные вычисления показали, что область применения разработанных технологий выемки ограничена глубинами до 850-900 метров, при этом эффективное поддержание за лавой участка воздухоподающей выработки при существующих технологиях охраны выработок целесообразно на глубинах до 800 метров, где температура породного массива не превышает 25 °С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных экспериментальных и теоретических исследований разработаны технологии разработки калийных пластов лавами, позволяющими в условиях глубоких горизонтов обеспечить температуру воздуха в лавах, оборудованных высокопроизводительными очистными механизированными комплексами с высокой энерговооруженностью, в соответствии с требованиями нормативных документов, регламентирующих максимально допустимую температуру в лавах.

Основные научные и практические результаты выполненных исследований заключаются в следующем:

1. Применяемые на рудниках ОАО «Беларуськалий» системы разработки длинными столбами с использованием в лавах высокопроизводительного очистного оборудования с высокой энерговооруженностью не обеспечивают создание в лавах теплового режима в соответствии с требованиями «Санитарных норм ...» и «Правил по обеспечению промышленной безопасности...». Температура воздуха в призабойном пространстве лав, работающих на глубинах более 500м, как правило, превышает предельно допустимое значение (26°C).

2. При использовании известных технологий отработки калийных пластов длинными очистными забоями с использованием высокопроизводительных очистных механизированных комплексов определяющее влияние на температуру поступающего в лаву воздуха оказывают глубина горных работ, расстояние от лавы до магистральной воздухоподающей выработки и место расположения энергопоезда лавы. В условиях рудников ОАО «Беларуськалий» при расположении энергопоезда в конвейерном штреке впереди забоя лавы температура струи воздуха на входе в лаву превышает ее предельно допустимые значения, регламентируемые санитарными нормами, на 6-9°C.

3. При движении воздушной струи в призабойном пространстве лавы происходит уменьшение ее температуры от максимальных значений на входе струи в лаву до минимальных

значений - на выходе струи из лавы. Разность минимальных и максимальных значений температур в исследованных условиях составляет 6-10°C. Основное влияние на закономерность изменения температуры при движении струи от конвейерного штрека к вентиляционному штреку оказывают температура пород в выработанном пространстве лавы и температура массива полезного ископаемого впереди забоя лавы.

4. При отработке калийных пластов на глубинах до 800-900м лавами, характеризующимися высокой энерговооруженностью очистного оборудования, снижение температуры воздуха в призабойном пространстве лав без применения подземных систем кондиционирования воздуха достигается при использовании разработанной патентоспособной технологии, включающей подачу воздуха к лаве по поддерживаемому за лавой участку конвейерного штрека определенной длины и обособленное проветривание лавы и энергопоезда. При использовании данной технологии, не требующей дополнительных энергетических затрат, температура струи воздуха на входе в лаву на глубинах до 800-900м не превышает 24-26 °С.

5. Применение разработанной технологии в горно-геологических условиях отработки Третьего калийного пласта на рудниках ОАО «Беларуськалий» по сравнению с использованием вариантов организации работ в лавках, предусматривающих снижение продолжительности добычной смены при температуре воздуха в лаве, превышающей 26 °С, позволяет: увеличить среднесуточную добычу из лавы не менее, чем на 15-17% и снизить участковую себестоимость добычи на 12-15%.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. Сокол, Д.Г. Направления совершенствования бесцеликовых технологических схем отработки калийных пластов / Д.Г. Сокол // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2018. - № 4. - С. 93-98. DOI: 10.26730/1999-4125-2018-4-93-98.

2. Зубов, В.П. Влияние температурного фактора на направления совершенствования систем разработки калийных пластов на рудниках Старобинского месторождения / В.П. Зубов, Д.Г. Сокол // Горный журнал. - 2020. - № 10. - С. 74-79. DOI: 10.17580/gzh.2020.10.07.

3. Сокол, Д.Г. Актуальные проблемы и перспективы совершенствования охраны повторно используемых подготовительных выработок при отработке калийных пластов / Д.Г. Сокол, Ле Куанг Фук, Тхан Ван Зуи // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2020. - № 12. - С. 33-43. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-12-0-33-43.

Публикация в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

4. Kovalsky, E.R. Research of the influence of the goaf stowing on the height of the water-conducting discontinuities during the development of the potash-magnesium fields / E.R. Kovalsky, K.V. Gromtsev, D.G. Sokol, Y.V. Popova // International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology. - 2020. - № 5(11). - PP. 116-121. DOI: 10.34218/IJARET.11.5.2020.013.

Патенты:

5. Патент № 2723412 Российская Федерация, МПК E21C 41/16 (2006.01) E21F 1/00 (2006.01). Способ интенсивной бесцеликовой разработки пластов полезных ископаемых на больших глубинах : № 2019134787 : заявл. 29.10.2019 : опубл. 11.06.2020 / Зубов В.П., Сокол Д.Г.; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет"

6. Патент № 2736107 Российская Федерация, МПК E21C 41/16 (2006.01). Способ подземной разработки пластов полезных ископаемых : № 2020121406 : заявл. 29.06.2020 : опубл. 11.11.2020 / Зубов В.П., Сокол Д.Г.; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет"