

На правах рукописи

Васильев Петр Назарович



**ПОДЗЕМНАЯ РАЗРАБОТКА НАРУШЕННЫХ УГОЛЬНЫХ  
ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ**

Специальность 25.00.22 - "Геотехнология (подземная, открытая и строительная)"

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Якутск – 2004

Работа выполнена в Институте горного дела Севера им. Н.В. Черского  
Сибирского отделения Российской академии наук

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор  
Шерстов Валерий Андреевич

Официальные оппоненты:  
доктор технических наук Клишин Владимир Иванович  
кандидат технических наук Добриян Александр Александрович

Ведущая организация – Институт угля и углехимии СО РАН

Защита состоится « 17 » декабря 2004 г. в 11 час на заседании  
диссертационного совета ДООЗ.019 при Институте горного дела СО РАН  
(630091, Новосибирск, Красный пр. 54)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГД СО РАН

Автореферат разослан «15». 11. 2004 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор технических наук,  
профессор



Федулов А.И.

2007-4  
18179

2535603

## Введение

**Актуальность темы.** Основной сырьевой базой коксующихся углей на Северо-Востоке России является Южно-Якутский каменноугольный бассейн. Разрез «Нерюнгринский», главный поставщик таких углей, в ближайшие годы отработает свои запасы. Для замены выбывающего предприятия предполагается разработка Чульмаканского, Денисовского и других месторождений. По горно-геологическим условиям основная часть запасов подлежит разработке подземным способом. Учитывая сложную тектонику этих месторождений и залегание в многолетнемерзлых породах, неизбежно придется столкнуться с трудностями при разработке этих месторождений, характеризующихся геологическими нарушениями и труднообрушаемыми кровлями.

Переход геологических нарушений механизированными комплексами связан с осложнениями по управлению секциями крепи, необходимостью пресечки боковых пород, что нередко приводит к ухудшению технико-экономических показателей работы шахт, снижению нагрузки на очистной забой и повышению себестоимости добычи 1т угля.

Управление труднообрушаемыми кровлями при прогрессивной системе разработки с полным обрушением кровли на угольных шахтах области многолетней мерзлоты затрудняется тем, что мерзлые вмещающие породы являются зависающими, трудноуправляемыми кровлями, особенно при первичных посадках.

Большое значение в этих условиях имеет также правильно выбранный тепловой режим шахты, обеспечивающий безопасную работу при приемлемых микроклиматических условиях.

Все это свидетельствует об актуальности решаемой в диссертации научно-технической задачи изыскания эффективных технологий подземной разработки угольных пластов с геологической нарушенностью и труднообрушаемыми кровлями в условиях многолетней мерзлоты и регулирования теплового режима.

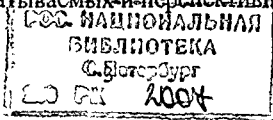
В диссертационной работе обобщены результаты многолетних исследований, выполненных автором по планам НИР АН СССР, РАН, по отраслевым программам НИОКР Министерства угольной промышленности СССР.

**Цель работы** – разработать эффективные способы перехода геологических нарушений, посадки труднообрушаемых кровель и регулирования теплового режима, обеспечивающих безопасность механизированной выемки при подземной разработке угольных месторождений криолитозоны.

**Идея работы** заключается в установлении возможности управления тепловыми процессами в мерзлом массиве и в горных выработках для обоснования рациональных технических решений по совершенствованию технологии очистных работ.

### **Задачи исследований:**

- дать оценку состояния минерально-сырьевой базы угольных месторождений Якутии, изучить и обобщить горно-геологические условия эксплуатации разрабатываемых и перспективных месторождений;



- обосновать рациональные способы и схемы перехода геологических нарушений в условиях прочных мерзлых вмещающих пород;
- разработать эффективные способы посадки труднообрушаемых кровель и методы расчета их основных технологических параметров;
- определить оптимальные параметры искусственно созданных теплоаккумулирующих выработок при переходе с открытых горных работ на подземный способ разработки и локального подогрева шахтного воздуха.

**Методы исследований.** Обобщение опыта технологии очистной выемки при подземной разработке угольных месторождений, математическое моделирование тепловых процессов в мерзлом массиве, натурные наблюдения и промышленные эксперименты в производственных условиях.

**Основные научные положения, защищаемые автором:**

- эффективность перехода геологических нарушений угольных пластов в многолетней мерзлоте механизированными комплексами достигается тепловым воздействием на породный массив в зоне их перехода, в результате чего он разупрочняется и создаются условия его разрушения механическим способом;
- тепловое воздействие на мерзлые породы труднообрушаемых кровель позволяет создать искусственные полости в кровле, что обеспечивает возможность регулирования шага первичной посадки кровли;
- создание положительных температур воздуха в выработках достигается применением локального регулирования теплового режима, в основу которого положен подогрев и увлажнение шахтного воздуха с использованием вентиляторов местного проветривания, электрокалорифера и оросителя.

**Достоверность научных результатов** обеспечивается корректностью постановки задач, применением апробированных методов научных исследований, представительностью исходных данных, сопоставимостью результатов натурных наблюдений и аналитических расчетов, достигнутой эффективностью применения разработанных технологий в производственных условиях.

**Новизна научных положений:**

- установлена динамика глубины протаивания мерзлых вмещающих пород у геологического нарушения при разных расходах и температурах подаваемого теплоносителя;
- исследованы зависимости радиуса протаявшей полости скважины, предназначенной для обрушения мерзлой кровли, с учетом температуры подаваемого воздуха;
- установлены зависимости изменения температуры воздуха на выходе из теплоаккумулирующих выработок от толщины затяжки, плотности и влажности пород, а на выходе из воздуховода при локальном регулировании теплового режима с использованием электрокалорифера – от длины и диаметра трубопровода и температуры шахтного воздуха.

**Личный вклад автора** состоит в изучении и обобщении горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации угольных месторождений Якутии и Магаданской области, в постановке теплофизических задач и установлении оптимальных конструктивных параметров технологии очистной выемки механизированными комплексами и прогнозных величин теплового режима, в разработке, испытании и внедрении разработанных технических решений на угольных шахтах криолитозоны.

**Практическая ценность работы** заключается: в обосновании нового способа перехода геологических нарушений путем теплового воздействия на мерзлые вмещающие породы, позволяющего снижать их прочностные характеристики у нарушения; в определении расчетных параметров радиуса протаивания при создании полостей в мерзлых породах кровли для их первичного обрушения; в разработке способов регулирования теплового режима с использованием искусственно созданных теплоаккумулирующих выработок и локально-кондиционирования.

**Реализация работы в промышленности.** Предложенные способы перехода геологических нарушений механизированными комплексами и технология перемонтажа механизированного комплекса внедрены на шахте «Беринговская» ПО «Северовостокуголь» в 1986г., разработанные способы отработки пластов с труднообрушаемыми кровлями с использованием механизированных крепей внедрены на шахте «Сангарская» ПО «Якутуголь» в 1985г. с экономическим эффектом 813 тыс. руб., способ определения коэффициента трещиноватости мерзлых пород и глубины протаивания горных пород внедрены на шахтах «Сангарская» и «Джебарики-Хая». «Руководство по определению глубины протаивания горных пород вокруг капитальных и подготовительных выработок шахт области многолетней мерзлоты» утверждено Минуглепромом СССР в 1984г. и рекомендовано для внедрения на угольных шахтах Севера. «Технологические схемы очистных и подготовительных работ для шахт области многолетней мерзлоты», составленные коллективом автором, в разработке которых принимал участие диссертант, утверждены Минуглепромом СССР в 1982г. и рекомендованы для использования на угольных шахтах Севера.

Указанные выше практические результаты исследований переданы ОАО ХК «Якутуголь» для использования при разработке ТЭО на разработку Чульмаканского и Денисовского месторождений, а также использованы институтом «Востсибгипрошахт» при составлении проекта шахты «Джебарики-Хая».

**Апробация работы.** Основные положения, изложенные в диссертации, докладывались на конференциях ВДНХ в 1976, 1977, 1986 и 1987 гг. и отмечены 4 медалями (серебряной и бронзовыми), на технических совещаниях в Минуглепроме СССР и Госгортехнадзоре СССР в 1983г., на научно-практической конференции угледобывающей отрасли в г.Нерюнгри, 1999 г., на семинарах «Недели горняка», Москва (2000-2004 гг.), на республиканской научно-практической конференции г.Нерюнгри, 2000г., на научной конференции «Наукоемкие технологии добычи и переработки полезных ископаемых» (Новосибирск, 2001 г., ИГД СО РАН), на VIII международной научно-практической конференции «Современные перспективные технологии разработки и исполь-

зования минеральных ресурсов», Новокузнецк, 2001 г., на республиканской научно-практической конференции «Пути решения актуальных проблем добычи и переработки полезных ископаемых», Якутск, 2003 г.

**Публикации.** Основное содержание диссертации изложено в 12 печатных работах и 7 авторских свидетельствах и 2 патентах РФ.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, изложена на 143 страницах машинописного текста, включая 49 рисунков, 13 таблиц, приложения и списка использованной литературы из 105 наименований.

Автор выражает признательность научному руководителю д.т.н. В.А.Шерстову за методическую помощь и консультации, к.т.н. Ю.А.Хохолову за оказанную помощь в проведении теплофизических расчетов, к.т.н. В.П.Зубкову, к.т.н. А.П.Ефремову, д.т.н. И.Н. Лось и Ф.М.Киржнеру за организацию в проведении исследований, В.В.Шикову, Р.Ф.Уманцеву, Ю.А.Захарову, С.И.Хачатурьянцу и другим работникам объединений «Якутуголь» и «Северовостокуголь», принимавших участие в шахтных испытаниях, промышленной проверке и внедрении результатов исследований, а также сотрудникам лаборатории проблем рационального освоения минерально-сырьевых ресурсов Т.В.Серебренниковой, Т.М.Иудиной за оказанную помощь в оформлении диссертации.

### Основное содержание работы

В первой главе даны оценка и характеристика минерально-сырьевой базы угля в Республике Саха (Якутия), а также проведен анализ состояния изученности проблемы.

Основная часть угольных запасов Дальневосточного региона залегают в районах распространения многолетней мерзлоты. В последние годы произошли существенные изменения в представлениях о самих угольных бассейнах, запасах и ресурсах в них. Это, в первую очередь, касается Зырянского, Ленского, Южно-Якутского бассейнов, расположенных в Республике Саха (Якутия). Особенно значительные запасы угля находятся в Южной Якутии.

В таблице приведены данные о балансовых запасах категорий А+В+С<sub>1</sub> по угольным бассейнам Якутии и ориентировочные оценки запасов для подземных работ. Как видно из таблицы, на долю запасов для подземных работ приходится около 70 %. Согласно плану перспективного развития угольной промышленности РС(Я), потребность в угле до 2008 г. прогнозируется в объеме 19,7 млн.т/год, в том числе на вывоз в другие районы – 10,6 млн.т, на экспорт – 9,1 млн.т.

**Балансовые запасы угольных бассейнов Якутии**

Угольные бассейны Якутии	Балансовые запасы А+В+С <sub>1</sub> , млн.т.		Доля запасов для подзем. работ, %	Основные месторождения для подземных работ
	Всего	в т.ч. для подзем. работ		
Зырянский	164,0	130,0	79	Буор-Кемюкское
Ленский	4951,0	3500,0	70,7	Джебарики-Хайское, Сангарское
Южно-Якутский	4500,0	2900,0	64,4	Чульмаканское Денисовское
Всего по Якутии	9615,0	6530,0	68	

Анализ условий эксплуатации Джебарики-Хайского, Чульмаканского, Денисовского месторождений и шахты «Беринговская», которые предназначены для подземного способа разработки, свидетельствует о том, что горно-геологические и горнотехнические условия этих месторождений близки по своим параметрам, все пласты представлены свитами пологого залегания и находятся в тектонически нарушенных зонах, глубина залегания 200-500 м, вмещающие породы представлены песчаниками, аргиллитами, алевролитами.

По прочностным свойствам породы угленосного комплекса рассматриваемых месторождений относятся к категории прочных и весьма прочных. Кроме того, разрабатываемые и перспективные месторождения относятся к тектонически нарушенным, при этом геологические нарушения весьма разнообразны: от мелкоамплитудных до нарушений с амплитудами 100-200 м.

Эти особенности усложняют разработку месторождений с применением новой высокопроизводительной выемочной техники и требуют разработки эффективных способов перехода геологических нарушений механизированными комплексами.

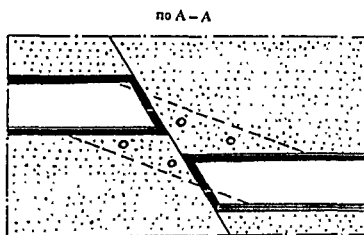
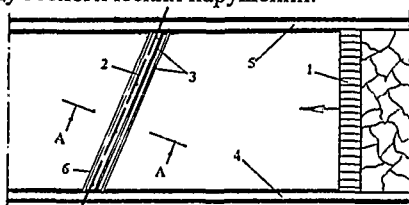
Вместе с тем имеющиеся технические способы и решения по переходу геологических нарушений и управлению горным давлением не отвечают в достаточной степени полно условиям эксплуатации угольных месторождений области многолетней мерзлоты и нуждаются в дальнейшем совершенствовании, этим вопросом и посвящена настоящая работа.

Касаясь изученности проблемы совершенствования технологии подземной разработки угольных месторождений области криолитозоны, необходимо отметить, что для обеспечения возможности использования комплексной механизации в очистных и подготовительных забоях и безопасных условий труда подземных горнорабочих институтами ИГД им. Сочинского, ИГДС, ВНИМИ, ВостНИИ и др. совместно с работниками шахт и объединения «Якутуголь» был выполнен большой объем исследований по совершенствованию технологии подземной разработки угольных месторождений области многолетней мерзлоты. Значительный вклад в решение этой проблемы внесли: Ю.Д. Дядькин, А.Ф. Зильберборд, Ю.В. Шувалов, В.К. Куренчанин, В.Н. Скуба, Е.А. Ельчанинов, А.И. Шор, М.А. Розенбаум, Ю.В. Громов, А.Е. Слепцов, Ф.М. Киржнер, М.А. Викулов, В.Ф. Мороз, В.И. Андриенко, Ю.В. Шувалов, Е.Н. Чемезов, А.П. Ефремов, И.Н. Лось, А.Ф. Галкин, В.П. Ким, А.Н. Быков и др. Разработанные ими

рекомендации позволили внедрить современную механизацию очистных работ и обосновать основные принципы и способы регулирования теплового режима на угольных шахтах Крайнего Севера.

Во второй главе разработаны способы перехода геологических нарушений механизированными комплексами.

Для случая перехода геологического нарушения механизированным комплексом с крепкими вмещающими породами предложен способ предварительного ослабления мерзлого массива в зоне геологического нарушения с помощью длинных сближенных скважин, в которые подается горячий воздух (рис. 1). По разработанной в лаборатории горной теплофизики ИГДС математической модели, определена динамика глубины протаивания пород вокруг скважин при разных расходах подаваемого теплоносителя по длине. Результаты выполненных расчетов показали, что в течение месяца при длине скважины 200 м и диаметре 10 см., глубина протаивания пород вокруг нее, при расходе теплоносителя  $30 \text{ м}^3/\text{мин}$ , составит в начале ее длины – 1,4 м, в конце – 0,8 м. Эти глубины протаивания при 4 скважинах обеспечивают достаточное ослабление массива и способствуют повышению производительности очистного комбайна, безопасному переходу геологических нарушений.



**Рис. 1.** Предварительное ослабление массива в зоне геологического нарушения

1 - механизированный комплекс, 2 - геологическое нарушение, 3 - скважины перед зоной нарушения, 4 - откаточный штрек, 5 - вентиляционный штрек, 6 - скважины за зоной нарушения.

На основе изучения опыта использования технологий перехода геологических нарушений механизированными комплексами предложены новые способы перехода нарушений с разворотом комплекса в плоскости пласта и в вертикальной плоскости предварительного определения начала подъема (опуска-



ния) механизированного комплекса с учетом амплитуды геологического нарушения, а также способ перехода механизированными комплексами геологических нарушений с большой амплитудой.

Для случаев непереходимых геологических нарушений разработан способ, предусматривающий перемещение всего механизированного комплекса из демонтажной камеры в монтажную на специальных платформах по предложенной технологической схеме. Кроме того, разработан способ быстрого перемонтажа механизированного комплекса.

При проектировании подземных горных работ шахты, особенно при раскройке шахтного поля, важно знание расположений геологических нарушений. С этой целью разработан способ определения местоположения геологического нарушения пластового месторождения, сущность которого заключается в том, что по разведочным скважинам, находящимся на линии, совпадающей с простиранием пласта полезного ископаемого, строят разрез с уточнением отметок пласта полезного ископаемого, по которым можно определить наличие геологического нарушения между скважинами.

Анализ литературных источников показал, что вопросами классификации способов перехода геологических нарушений механизированными комплексами в условиях многолетней мерзлоты занимался Ф.М. Киржнер. Следует отметить, что в предложенной им классификации не уделено внимание расположению геологических нарушений по отношению к линии очистных забоев. Кроме того, в классификации не нашли отражения способы манипулирования механизированным комплексом при разных видах геологических нарушений и способы воздействия на вмещающие породы. С целью устранения отмеченных недостатков, на ее основе, с учетом предложенных новых способов перехода геологических нарушений, она была усовершенствована и в ней нашли отражение схемы расположения геологических нарушений по отношению к очистному забою, виды манипулирования механизированными комплексами и способы воздействия на вмещающие породы (рис. 2).

В третьей главе рассмотрены новые способы первичной посадки труднообрушаемых кровель.

На основании анализа имеющихся способов первичной посадки труднообрушаемых кровель была разработана их классификация применительно к условиям многолетней мерзлоты, предусматривающая разделение всех способов на две группы, в одну из которых включены способы первичной посадки кровель с воздействием на труднообрушаемые породы с применением ВВ, гидро разрыва, теплового или электрохимического способа.

Ниже рассмотрены разработанные способы первичной посадки труднообрушаемых кровель шахт области многолетней мерзлоты, не предусматривающих воздействия на породы кровли, а также способы, основанные на тепловом воздействии на мерзлые породы кровли.

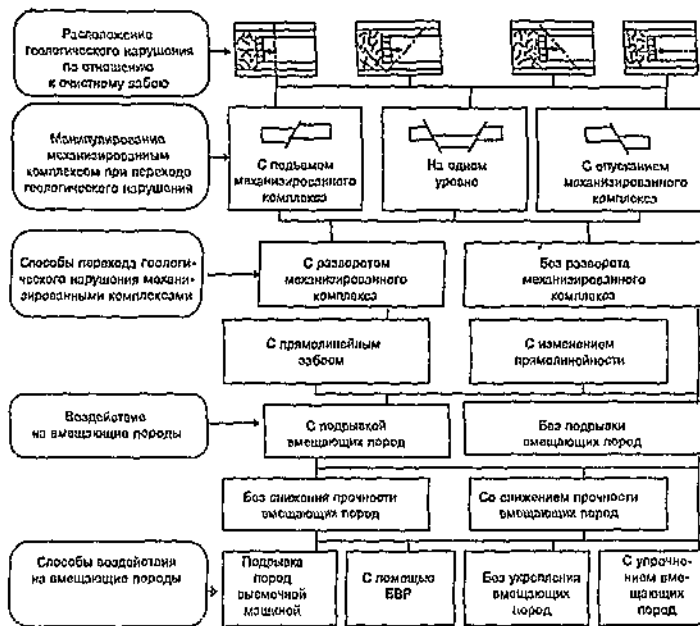


Рис. 2 Классификация способов перехода геологических нарушений механизированными комплексами

Один из предложенных способов первичной посадки основной кровли без воздействия на нее основан на оставлении в отработанном пространстве целика, снимающего с механизированного комплекса разрушающие нагрузки (рис. 3).

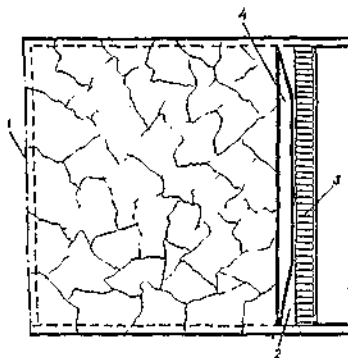


Рис. 3. Способ отработки пластов угля с труднообрушаемой кровлей. 1 - граница выемочного столба; 2 - монтажная камера; 3 - механизированный комплекс; 4 - разрушающийся целик

Способ осуществляют следующим образом. Участок, длина которого от границы выемочного столба и разрезной печи до места размещения монтажной камеры равна предельному пролету основной кровли, отрабатывают лавой с индивидуальной крепью. Перед проведением монтажной камеры предварительно рассчитывают ширину разрушающегося целика по методикам ВНИМИ и определяют длину диагональных участков  $l$  в зависимости от расстояния участка, на котором нагрузка на разрушающийся целик изменяется от максимальной до минимальной величины по выражению:

$$l = \sqrt{(0,3L_0 + H \operatorname{tg} w)^2 + b^2},$$

где  $l$  - длина диагональных участков целика, м;  $L_0$  - предельный пролет основной кровли, м;  $H$  - глубина разработки, м;  $w$  - угол наклона трещин, °;  $b$  - максимальная ширина разрушающегося целика, м; оптимальные параметры  $l$  составляют 15 - 20 м.

Монтажную камеру проходят, оформляя целик угля с приданием ему трапецевидной формы.

По окончании отработки выемочного участка и подвигания забоя к границе разрушающегося целика производят первичное обрушение кровли в пределах отработанного участка выемочного столба, для чего извлекают индивидуальную крепь в отработанном пространстве. При движении механизированного комплекса от монтажной камеры происходит разрушение целика с обрушением основной кровли.

Данный способ защищен авторским свидетельством и внедрен на шахте «Сангарская» ПО «Якутуголь».

Для управления первичной посадкой труднообрушаемой кровли разработан способ теплового воздействия на мерзлые породы кровли, в результате чего создаются свободные полости по линиям расчетного обрушения, что значительно уменьшает размеры обнаженного пространства и позволяет исключить аварийные ситуации (рис. 4).

Сущность способа заключается в следующем. В подготовленный к отработке выемочный столб в район предполагаемой первичной посадки кровли бурят с поверхности скважины по линиям, одна из которых располагается у границы столба, а другая - около того положения очистного забоя, где ожидается первичная посадка кровли. В скважины затем опускают трубы с отверстиями в стенках с заглушенным нижним концом таким образом, чтобы перфорированная часть труб находилась в районе расчетного свода обрушения горных пород при первичной посадке кровли. После этого в трубы подают под давлением теплоноситель - горячий воздух или пар. Оттаявший слой многолетнемерзлых пород вокруг скважины падает в отработанное пространство лавы. Когда образование полостей в скважинах будет закончено, извлекают индивидуальную крепь из отработанного пространства и производят первичную посадку кровли. В случае, если посадки не произошло, в полости скважин помещают ВВ и взрывают.

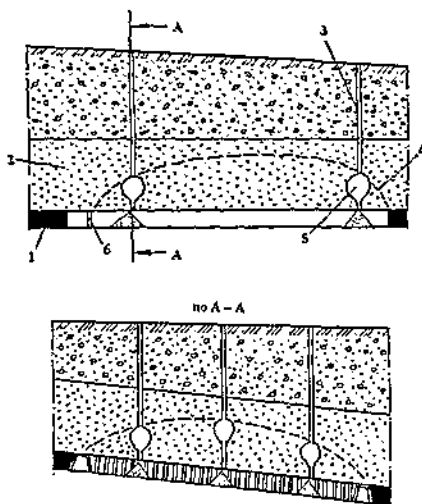


Рис. 4. Технология первичной посадки кровли в условиях многолетней мерзлоты

1 - выемочный столб; 2 - многослойные мерзлые породы; 3 - скважины;  
4 - ожидаемый свод обрушения; 5 - полости; 6 - органичная крепь

На основании математического решения теплофизической задачи для определения радиуса протаивания пород вокруг скважины  $\xi$ , получено следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{d\xi}{d\tau} = \frac{6,12 \cdot 2^{0,77} \sqrt{\frac{G}{\lambda K_0 V}} \cdot Pr^{0,4} \cdot \lambda \cdot T_2 \cdot d_2}{\xi \cdot d_1^{0,75} (2\xi - d_2)^{0,77} \cdot 2q\rho W}$$

где:  $\tau$  — время, с;  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности мерзлых пород, Вт/(м·К);  $q$  — теплота фазовых переходов, Дж/кг;  $W$  — влажность грунта, доли ед.;  $\rho$  — плотность мерзлых пород, кг/м<sup>3</sup>;  $d_1$  — диаметр отверстия, м;  $\lambda_1$  — коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м·К);  $G$  — расход подаваемого воздуха м<sup>3</sup>/с;  $d_2$  — диаметр насадки, м;  $K_0$  — количество отверстий на 1 м трубы;  $V$  — скорость вытекающей воздушной струи, м/с;  $Pr$  — число Прандтля;  $T_2$  — температура теплоносителя, °С.

Данное уравнение решается численным методом Рунге-Кутты с помощью ПЭВМ.

На рис. 5 дан пример расчета радиуса протаивания в зависимости от времени, расхода горячего воздуха и температуры горячего воздуха  $T_2$ . Из рисунка 5 видно, что за 30 сут при  $T=80^\circ\text{C}$  радиус протаивания полости составит 2,0 м, т.е. диаметр полости скважины будет равным 4 м, что вполне достаточно при 6

скважинах для разупрочнения мерзлых горных пород и обеспечения нормальной первичной посадки кровли.

При отработке сближенных пластов в свите возможно применение разработанной нами технологии, при которой в междупластье предварительно прорезают продольные щели и заполняют их эвтектическими растворами.

Для внеочередной отработки зависимого пласта в условиях криолитозоны, нами разработан способ подготовки междупластья, заключающийся в том, что в обрушенные горные породы подают холодную воду и жидкий инертный газ.

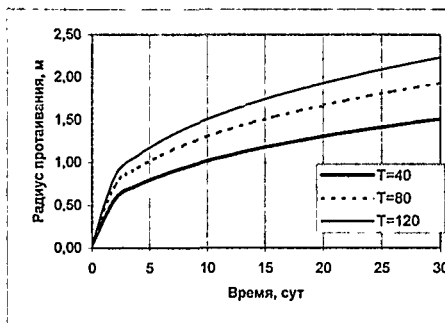


Рис. 5. Зависимость радиуса полости от времени при разных температурах воздуха при расходе  $G=2 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

В четвертой главе рассматриваются способы регулирования теплового режима угольных шахт Севера, основанные на применении теплоаккумулирующих выработок и локального кондиционирования шахтного воздуха.

В частности, предложен способ теплоизоляции горных выработок, включающий нанесение теплоизоляционного слоя на крепь или стенки выработки, при этом в состав теплоизоляционного слоя в качестве заполнителя рекомендуется применение вспученного перлитового песка.

Одним из основных способов регулирования теплового режима угольных шахт области многолетней мерзлоты является использование специальных теплообменных (теплоаккумулирующих) выработок, предназначенных для подогрева (зимой) или охлаждения (летом) до  $-3 \div -5^\circ\text{C}$  воздуха, поступающего в очистные или подготовительные забои до естественной температуры окружающих горных пород.

На основе положительного опыта использования теплообменных (ТАВ) выработок разработана технология сооружения вентиляционных выработок для регулирования теплового режима шахты при переходе с открытых горных работ на подземный способ разработки, который планируется на первоначальном этапе освоения Чульмаканского и Денисовского месторождений.

С учетом того, что крепь ТАВ и засыпка ее пустыми породами производится на дневной поверхности, есть возможность выбора пустых пород с наи-

лучшими теплофизическими свойствами, обеспечивающими более эффективный теплообмен, что приведет к сокращению общей протяженности ТАВ.

Результаты расчетов подтверждают то, что повышение плотности и влажности закладочных пород увеличивает их теплоаккумулирующую способность. Для увеличения влажности и плотности породы при укладке рекомендуется ее дополнительно увлажнять. Наиболее высокой влажности можно достичь при послонной зимней засыпке с увлажнением и промораживанием.

Создание комфортных условий труда в подземных выработках, применение горных машин на гидроприводе и воды для пылеподавления и пожаротушения на шахтах Крайнего Севера возможны при подогреве шахтного воздуха. Однако подогрев воздуха сопровождается снижением относительной влажности на выходе калорифера до 40—50%, что приводит к повышению пылеобразования на всех процессах добычи угля.

Так, с уменьшением относительной влажности воздуха с 95 до 50% концентрация пыли в воздухе увеличивается в 3- 5 раз. В связи с этим, наряду с подогревом шахтного воздуха необходимо его увлажнять, т. е. осуществлять локальное кондиционирование.

На основании разработанной методики расчета температуры воздуха на выходе из трубопровода вентилятором местного проветривания составлена номограмма для определения исходной температуры нагрева воздуха калорифером в зависимости от длины, диаметра воздухопровода и температуры воздуха в выработке. Номограмма построена для заданного количества нагнетаемого в выработку воздуха  $Q=150 \text{ м}^3/\text{мин}$  и конечной температуры воздуха на выходе из трубопровода  $t_B=2^\circ\text{C}$  (рис.6).

Необходимая относительная влажность воздуха после его подогрева может быть достигнута распылением подогретой воды с помощью форсунок. Согласно нашим исследованиям, полное насыщение воздуха парами воды обеспечивается при расходе воды:

$$q=AT-0,05t+5,2 \text{ л/мин.},$$

где  $A$  - влажность воздуха, равная 0,95 при  $T>0^\circ\text{C}$  и 0,50 при  $T<0^\circ\text{C}$ ;  $T$ —температура воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;  $t$ —температура воды,  $^\circ\text{C}$ .

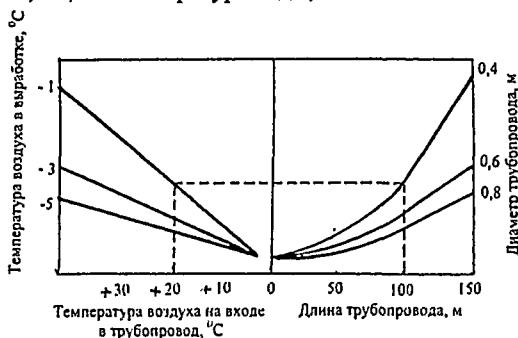


Рис. 6. Номограмма для определения исходной температуры нагрева воздуха

Указанные методы расчета исходных значений температуры воздуха и расхода воды на его увлажнение могут быть использованы при составлении проектов комплексного обеспыливания шахт Южной Якутии, а также при подземной разработке рудных месторождений криолитозоны.

### Заключение

В диссертации, являющейся научно-квалифицированной работой, на основе выполненных автором обобщений и анализа практики подземной разработки угольных месторождений, аналитических расчетов и производственных экспериментов, изложены научно обоснованные технические и технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики страны. Она позволяет решить актуальную задачу по совершенствованию технологии очистной выемки угольных пластов в условиях криолитозоны с применением механизированных крепей и заключается в разработке и обосновании рациональных способов перехода геологических нарушений, управления труднообрушаемыми кровлями, регулирования теплового режима, реализация которых позволит повысить безопасность и эффективность ведения очистных работ. Основные выводы и рекомендации:

1. Установлено, что Республика Саха (Якутия) и Магаданская область обеспечены в достаточной степени полно минерально-сырьевой базой угля и обладают высокими потенциальными возможностями для Российской Федерации и экспорта высококачественных углей. При этом около 70% всех запасов возможны для выемки их подземным способом. Наиболее перспективными месторождениями являются Чульмаканское и Денисовское в Южной Якутии, которые по горно-геологическим условиям схожи с разрабатываемыми Джебарики-Хайским месторождением и Бухты Угольная (шахта «Беринговская»).
2. Разработаны новые способы перехода нарушенных зон механизированными комплексами и определены оптимальные параметры технологий добычи угля из нарушенных пластов в условиях многолетней мерзлоты, позволившие дополнить имеющуюся классификацию способов перехода геологических нарушений по следующим признакам: основным видам геологических нарушений, видам манипулирования мехкомплексом, способам воздействия на вмещающие породы.
3. Дана рациональная область применения предложенных способов перехода геологических нарушений механизированными комплексами применительно к конкретным угольным месторождениям Северо-Востока РФ.
4. Разработаны способы и определены технологические параметры для проведения первичных посадок труднообрушаемых кровель в условиях многолетней мерзлоты, основанные на тепловом воздействии на мерзлые породы кровель.
5. Использование в качестве закладочного материала песка, характеризующегося повышенной плотностью и влажностью, по сравнению с супесями и

сутлинками увеличивает теплоаккумулирующую способность засыпаемых пород и позволяет повысить эффективность работы искусственно созданных теплообменных выработок при переходе с открытого на подземный способ разработки. Установлены зависимости изменения температуры воздуха на выходе из теплоаккумулирующих выработок от толщины затяжки, плотности и влажности пород.

6. Предложен способ теплоизоляции вскрывающих воздухоподающих подземных выработок на основе использования природных материалов.
7. Предложена и использована на шахте «Джебарики-Хая» схема локального кондиционирования воздуха с использованием электрокалорифера, что позволило применить механизированный комплекс на очистной добыче, обеспечить эффективную работу средств борьбы с пылью на выемочном комбайне. Разработана методика расчета оптимальной температуры подогрева воздуха на выходе из нагнетательного трубопровода вентилятора (совмещенного с электрокалорифером), в зависимости от температуры шахтного воздуха.
8. «Руководство по определению глубины протаивания горных пород вокруг капитальных и подготовительных выработок шахты области многолетней мерзлоты» и «Технологические схемы очистных и подготовительных работ для шахт области многолетней мерзлоты», составлены коллективом авторов, в разработке которых принимал участие автор, утверждены ранее Минуглепромом СССР и рекомендованы для практического использования на угольных шахтах Севера.

#### Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах

1. Васильев П.Н. Локальное кондиционирование воздуха на угольных шахтах Крайнего Севера [Текст] / Петров И.П., Гуревич И.П., Батурия Ю.Е., Васильев П.Н., Уманцев Р.Ф. // Колыма.-1981.-№9.- С.23-25.
2. Васильев П.Н. Руководство по определению глубины протаивания горных пород вокруг капитальных и подготовительных выработок угольных шахт и рудников в области многолетней мерзлоты [Текст]/ Уманцев Р.Ф., Васильев П.Н., Комзолов А.В. М.: ЦНИЭИуголь, 1984.- 13 с. .
3. Васильев П.Н. Способ перехода геологического нарушения механизированным комплексом [Текст]/ Васильев П.Н., Ефремов А.П., Огнев С.М. // Колыма.-1998.-№4.-С.18-19.
4. Васильев П.Н. Новые технологические решения перемещения механизированного комплекса [Текст]/ Васильев П.Н., Ефремов А.П., Огнев С.М., Чернуха М.Л. // Колыма.- 1998.-№3.-С.24-26.
5. Васильев П.Н. Переход механизированным комплексом геологического нарушения с большой амплитудой/ Васильев П.Н., Ефремов А.П., Огнев С.М. [Текст] // Колыма.-1999.-№1.- С .25-26.
6. Васильев П.Н. Классификация геологических нарушений и способов их перехода механизированным комплексом/ Васильев П.Н., Ефремов А.П., Огнев С.М. [Текст] // Колыма.-1999.-№2.-С.44-46.



7. Васильев П.Н. О контроле за оттаиванием мерзлых пород вокруг горных выработок/ Васильев П.Н., Зубков В.П., Серебренникова Т.В. [Текст]// Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2001.- №3.- С. 235-237.
8. Васильев П.Н. Теплоаккумулирующие выработки для регулирования температурного режима шахты при комбинированной разработке месторождений полезных ископаемых [Текст]/ Хохолов Ю.А., Васильев П.Н. // «Современные перспективные технологии разработки и использования минеральных ресурсов». Труды VIII Международной научно-практической конференции - Новокузнецк, 2001.-С. 171-173.
9. Васильев П.Н. Новые технологии для освоения перспективных угольных месторождений Южной Якутии [Текст] / Васильев П.Н., Ефремов А.П., Серебренникова Т.В.// Кольма - 2002.-№2.- С.42-44.
10. Васильев П.Н. Совершенствование способов регулирования теплового режима шахты криолитозоны теплоаккумулирующими выработками [Текст]/ Хохолов Ю.А., Васильев П.Н. // Современные технологии освоения минеральных ресурсов: Сборник научных трудов. Вып. 1.- Красноярск, 2003.- С.54-85.
11. Васильев П.Н. Технические решения по переходу геологических нарушений при освоении перспективных угольных месторождений Южной Якутии [Текст]/ Васильев П.Н., Шерстов В.А.// «Пути решения актуальных проблем добычи и переработки полезных ископаемых»: Материалы республиканской научно-практической конференции. Часть I.- Якутск, 2003. - С.29-32.
12. Васильев П.Н. Совершенствование подземной разработки угольных месторождений Якутии с дизъюнктивной нарушенностью пластов [Текст]/ Васильев П.Н., Шерстов В.А. // Наука и образование.- 2004.- №1.- С.9-13.
13. А.с.1129369 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 21 Д 11/10. Способ подготовки зоны геологического нарушения к переходу очистным забоем [Текст] / Киржнер Ф.М., Лось И.Н., Васильев П.Н (СССР).-№ 3602965/22-03; заявл. 08.06.83; опубл. 15.12.84, Бюл.№ 46.-3 с.;ил.
14. А.с. 1121446 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 21 Д 11/38. Способ теплоизоляции горных выработок [Текст] / А.П. Микуневич, Ф.М. Киржнер, В.Н. Скуба, П.Н. Васильев, М.А. Каблшов).-№ 3590715/22-03; заявл. 17.05.83; опубл. 01.07.84, Бюл.№ 40.-2 с.
15. А.с. 1213201 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 21 С 41/04. Способ разворота очистного механизированного комплекса [Текст] / А.И. Украинский, Н.И. Красько, Ф.М. Киржнер, П.Н. Васильев и др.-№ 3787886/22-03; заявл. 07.09.84; опубл. 23.02.86, Бюл.№ 7.-2 с.
16. А.с. 1263854 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 21 С 41/04. Способ перехода зоны геологического нарушения пласта очистным механизированным комплексом [Текст] / Ф.М. Киржнер, П.Н. Васильев и др.-№ 3874467/22-03; заявл. 01.02.85; опубл. 15.10.86, Бюл.№ 38.-6 с.; ил.
17. А.с. 1416707 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 21 Д 23/00. Способ перемонтажа механизированной крепи у геологического нарушения [Текст] / П.Н. Васильев, Ф.М. Киржнер.-№ 3891639/22-02; заявл. 29.04.85; опубл. 15.08.88, Бюл.№ 30.-5 с.; ил.

18. А.с. 1624156 СССР, МКН<sup>3</sup> Е 21 С 41/18. Способ подготовки зоны геологического нарушения к переходу лавой с механизированным комплексом [Текст] / П.Н. Васильев, Ф.М. Киржнер.-№ 4644328/03; заявл. 01.02.89; опубл. 30.01.91.//, Бюл.№ 4.-5 с.; ил.
19. А.с. 1710748 СССР, МКН<sup>3</sup> Е 21 С 41/18. Способ перехода геологических нарушений механизированным комплексом [Текст] / П.Н. Васильев, Ф.М. Киржнер, С.Д. Головня, А.А. Кац.-№ 4809339/03; заявл. 02.04.90; опубл. 07.02.92.//, Бюл.№ 5.-4 с.; ил.
20. Патент 2187651 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Е 21 F 1/00. Способ формирования вентиляционной сети для регулирования теплового режима шахты [Текст] / Васильев П.Н., Хохолов Ю.А., Ефремов А.П., Огнев С.М., Сергеев П.А.; заявитель и патентообладатель Институт горного дела Севера СО РАН.-№ 2000127983/03; заявл. 09.11.00; опубл. 20.08.02, Бюл.№ 23 (II ч.)-4 с.; ил.
21. Патент 2195294 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Е 21 F 1/00. Способ регулирования теплового режима шахты [Текст] / Васильев П.Н., Хохолов Ю.А.; заявитель и патентообладатель Институт горного дела Севера СО РАН.-№ 2001108031/03; заявл. 26.03.01; опубл. 10.02.03, Бюл. № 4 (II ч.)-4 с.; ил.

Лицензия серии ПД № 00840 от 10.11.2000 г.

Формат 60x84  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная №2. Печать офсетная.  
Усл.п.л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 195.

**ЯФ ГУ «Издательство СО РАН»**

677891, г. Якутск, ул. Петровского, 2, тел./факс: (411-2) 36-24-96  
E-mail: kuznetsov@psb.ysn.ru

РНБ Русский фонд

2007-4

18179



1902 РОЯ 61