

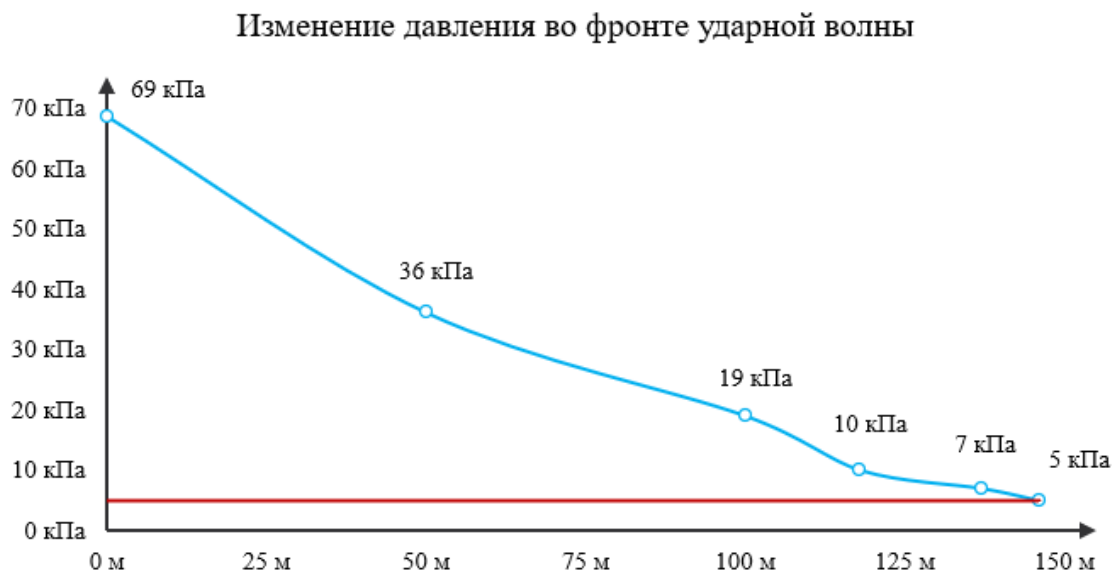


Рис. 4. График изменения давления во фронте ударной волны

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козырев С.А., Осинцева А.В. Автоматизация проектирования вентиляции подземного рудника // Вестник МГТУ. Тр. Мурманского гос. техн. ун-та – 2009. – Т. 12, № 4. – С. 677-682.
2. Козырев С.А., Осинцева А.В., Амосов П.В. Управление вентиляционными потоками в горных выработках подземных рудников на основе математического моделирования аэродинамических процессов / Кольский науч. центр РАН. – Апатиты, 2019. – 114 с.
3. Лукьянов В.Г., Комащенко В.И., Шмурыгин В.А. Взрывные работы: учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Юрайт, 2022. – 402 с.
4. Кутузов Б.Н. Взрывные работы: учебник для горных техникумов. – М.: Недра, 1974. – 367 с.: ил.
5. Аналитический комплекс «АэроСеть»: программа для ЭВМ: свидетельство о гос. регистрации № 2015610589 / Зайцев А.В., Казаков Б.П., Кашников А.В., Кормщиков Д.С., Круглов Ю.В., Левин Л.Ю., Мальков П.С., Шалимов А.В.; заявитель и правообладатель ГИ УрО РАН – № 2014613790; заявл. 24.04.2014; зарегистрировано 14.01.2015; опублик. 20.02.2015. – 1 с.
6. Методика газодинамического расчета параметров воздушных ударных волн при взрывах газа и пыли: утв. Госгортехнадзор России 01.04.2003 / М-во энергетики РФ, Центр. штаб ВГСЧ угольной пром-ти, ФГУП РосНИИИГД. – М., 2003. – 16 с.

УДК 622

DOI:10.7242/echo.2025.2.7

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ОТРАБОТКЕ ЗАПАСОВ РУДНИКА «ЗАПОЛЯРНЫЙ»

М.Д. Попов

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы обеспечения промышленной безопасности при одновременной отработке запасов рудника «Заполярный» открытым и подземным способами. Проведён анализ требований нормативных документов, в частности пунктов 1235 и 1237 Федеральных норм и правил (ФНиП) в области промышленной безопасности при ведении горных работ. Обоснована возможность применения комбинированной схемы проветривания. Представлены этапы перспективного развития горных работ, а также мероприятия по обеспечению безопасности ведения горных работ на рассматриваемые периоды.

Ключевые слова: рудник, шахта, промышленная безопасность, комбинированная отработка, рудник «Заполярный», вентиляция, аэрогазовый контроль, ФНиП, проветривание.

Введение

Рудник «Заполярный» (г. Норильск) эксплуатируется ПАО «ГМК «Норильский никель» через дочернее предприятие ООО «Медвежий ручей». С 1944 года на объекте ведётся отработка запасов как открытым, так и подземным способом (рис. 1). На текущем этапе развития предприятия перед технологами и специалистами в области промышленной безопасности стоит задача организации комбинированной эксплуатации карьера «Медвежий ручей» и подземных горизонтов рудника «Заполярный». Это требует комплексного подхода к оценке аэрогазодинамической обстановки, системы проветривания, а также соответствия решений действующим Федеральным нормам и правилам. В частности, важнейшими нормативами являются пп. 1235 и 1237 ФНиП, в которых сформулированы требования к схеме вентиляции при ведении комбинированных горных работ, запрещающие использование комбинированного способа проветривания подземного рудника. Особое внимание уделено необходимости создания устойчивого подпора воздуха в зонах взаимодействия открытых и подземных выработок, а также обеспечению постоянного контроля состояния воздушной среды.

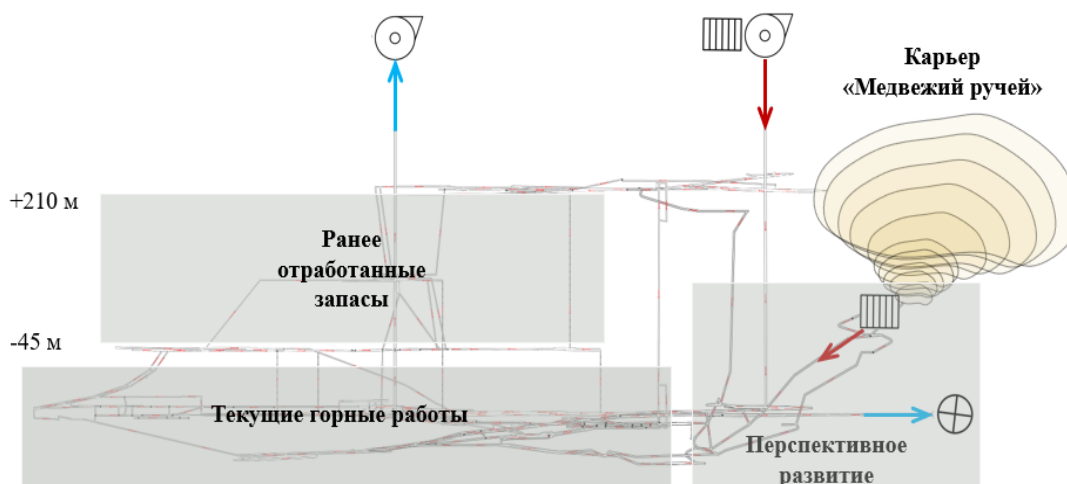


Рис. 1. Взаиморасположение подземного рудника «Заполярный» и карьера «Медвежий ручей»

Существующие показатели системы вентиляции рудника «Заполярный»

На первом этапе данной работы было проведено экспериментальное исследование системы вентиляции и воздухоподготовки рудника «Заполярный». Проветривание рудника осуществляется за счёт работы двух главных вентиляторных установок – ВЦД-32 и ВЦД-31,5 (рис. 2). Одна из них функционирует в режиме нагнетания, другая – в режиме всасывания. На воздухоподающем стволе установлена калориферная установка с суммарной тепловой мощностью 7,9 МВт.

Дополнительно месторождение вскрыто двумя вспомогательными выработками. Одна из них оснащена вспомогательным вентилятором Howden, обеспечивающим выдачу отработанного воздуха в непосредственной близости от борта карьера. Вторая выработка используется для подачи свежего воздуха и оборудована калориферной установкой с тепловой мощностью 3,5 МВт.

Таким образом, суммарная подача свежего воздуха в рудник составляет 320 м³/с при требуемом расходе 317 м³/с. Суммарная тепловая мощность калориферного оборудования составляет 11,4 МВт при нормативной потребности 14,3 МВт. На основании полученных данных было сделано заключение о недостаточности тепловой мощности для подогрева необходимого объёма воздуха в условиях температуры холодной пятидневки.

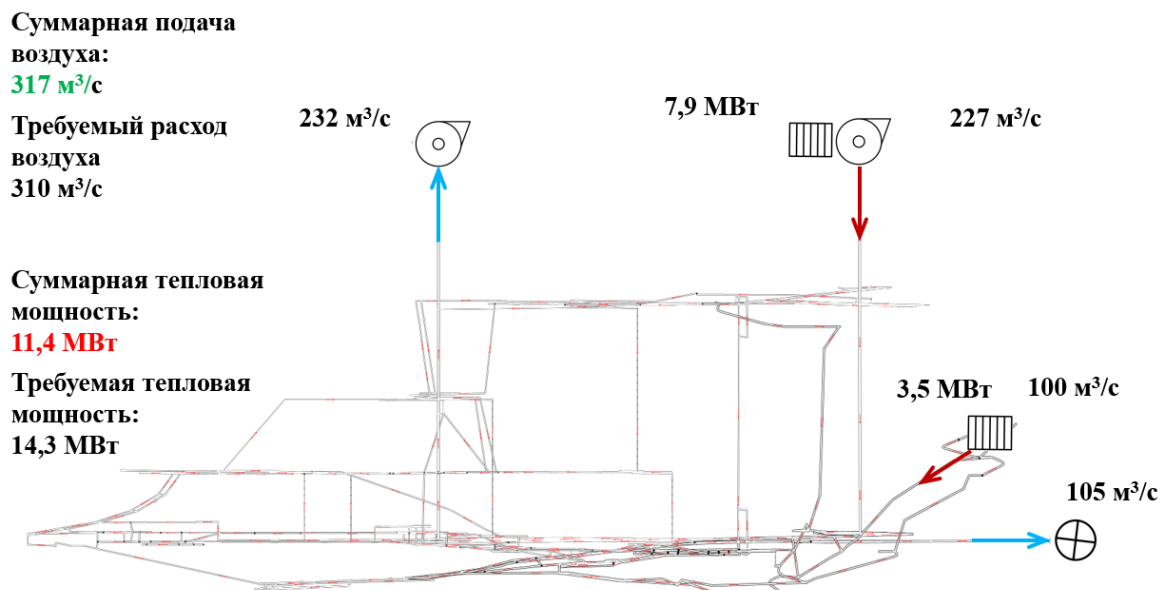


Рис. 2. Принципиальная схема проветривания и сводные показатели вентиляции рудника «Заполярный»

Обоснование возможности применения комбинированного способа проветривания рудника

На следующем этапе работы были определены потенциальные пути проникновения газов от взрывных работ в карьере в подземную часть рудника. Возможное поступление вредных газов может происходить через воздухоподающие выработки, а также через аэродинамическую связь с поверхностью по системе трещин в зоне отработанного пространства, что обусловлено применением камерной системы разработки с полным обрушением (рис. 3). Однако как воздухоподающие выработки, так и зона обрушения находятся на значительном удалении от границ карьера, что существенно снижает вероятность проникновения вредных примесей в подземные выработки.



Рис. 3. Возможные места аэродинамических связей карьера с подземным рудником

Для подтверждения отсутствия поступления газов от взрывных работ была выполнена серия динамических измерений. Замеры проводились в течение трёх часов после производства взрывов в карьере во всех зонах возможной аэродинамической связи с атмосферой (рис. 4).



Рис. 4. Схема выполнения динамических измерений

Измерения выполнялись при различных направлениях ветра, включая те, при которых возможен вынос вредных примесей в сторону подземного рудника. По результатам анализа полученных данных фактов поступления газов в подземную часть рудника зафиксировано не было.

На основании анализа вероятности возникновения неблагоприятных событий и результатов экспериментальных исследований было разработано обоснование безопасности для отступлений от требований пунктов 1235 и 1237 ФНиП (приказ № 505), которое получило положительное заключение Ростехнадзора.

В обоснование включён комплекс компенсирующих мероприятий, направленных на обеспечение промышленной безопасности.

- Внедрение системы автоматического контроля концентрации ядовитых газов (CO , NO , NO_2 , H_2S , SO_2) в главных вскрывающих воздухоподающих и воздухоудающих выработках, имеющих аэродинамическую связь с атмосферой. В случае превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) подача воздуха по соответствующей выработке должна быть автоматически прекращена. Данные с системы контроля выводятся на пульт горного диспетчера рудника.
- Реализация системы автоматического перераспределения вентиляционных потоков с целью создания устойчивого подпора воздуха, препятствующего поступлению газов от взрывных работ в карьере в подземные выработки.

Анализ безопасности технологических решений на перспективные периоды развития рудника

Одной из задач, решаемых в рамках работы, являлось определение оптимальных режимов функционирования системы вентиляции рудника с целью обеспечения требуемых объёмов добычи полезного ископаемого. В процессе анализа были выделены три ключевых периода развития рудника, отличающиеся по характеру горных работ и конфигурации вентиляционной сети (рис. 5).

- 1** Ввод в эксплуатацию следующих вскрывающих выработок:
 - Транспортная штольня;
 - Автотранспортный уклон «Северный»;
 - Автотранспортный уклон «Северный-бис».
- 2** После ввода в эксплуатацию указанных выше выработок, выводятся из эксплуатации:
 - Автотранспортный уклон;
 - Конвейерный уклон.
- 3** Начало отработки запасов поля «Охранный целик», а также ввод в эксплуатацию следующих вскрывающих выработок:
 - Автотранспортный уклон «Южный»;
 - Наклонный съезд «Вспомогательный №2».

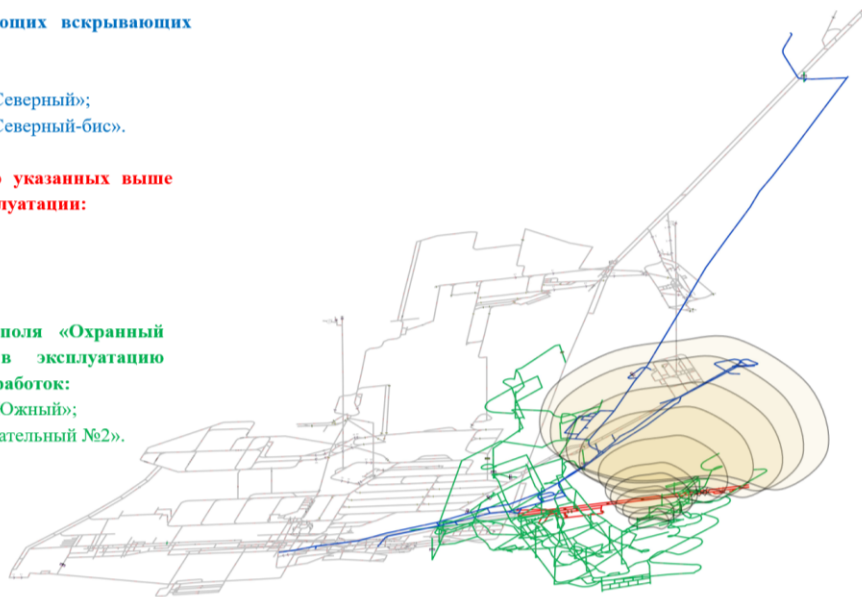


Рис. 5. Принципиальные периоды перспективного развития рудника «Заполярный»

Первый период отражает текущую ситуацию на руднике с учётом ввода новых вскрывающих выработок. Однако на данном этапе эти выработки не эксплуатируются, вследствие чего не оказывают влияния на проветривание. С учётом непродолжительности данного периода в качестве мероприятий было предложено проведение локальной герметизации участков с сосредоточенными утечками воздуха. Кроме того, в условиях, когда располагаемая тепловая мощность калориферных установок (11,4 МВт) ниже требуемой по расчётам на температуру холодной пятидневки (14,3 МВт), было обосновано внедрение погодозависимого регулирования производительности главных вентиляционных установок (ГВУ). Это позволило определить предельные объёмы добычи в зависимости от температуры наружного воздуха.

Во втором периоде развития рудника предусматривается выведение из эксплуатации ряда вскрывающих выработок, в том числе тех, на которых установлены вспомогательные вентиляторы. Это связано с попаданием данных выработок в зону проведения горных работ на поверхности. В качестве ответных мероприятий было предложено пять вариантов модернизации схемы проветривания, включающих различные комбинации использования оставшихся и новых выработок для целей вентиляции. В рамках анализа рассматривалась возможность перехода от действующей комбинированной схемы вентиляции к полностью нагнетательной. Несмотря на высокую капиталоемкость данного решения (в связи с необходимостью строительства новой калориферной), оно обеспечивает требуемые параметры воздухообмена. Также был рассмотрен альтернативный подход – внедрение системы рециркуляции воздуха, позволяющей повысить эффективность использования вентиляционного ресурса без масштабного увеличения расхода свежего воздуха.

Третий период характеризуется отработкой подкарьерных запасов и активным строительством новых вскрывающих и горнокапитальных выработок. Расчёт распределения давления в подземной части рудника показал, что вновь построенные выработки оказываются в так называемой нейтральной зоне – вне эффективного действия как нагнетательных, так и всасывающих ГВУ (рис. 6). Это означает невозможность их проветривания без существенных изменений в вентиляционной схеме или без строительства дополнительных источников тяги, сопоставимых по мощности с уже действующими вентиляционными установками.

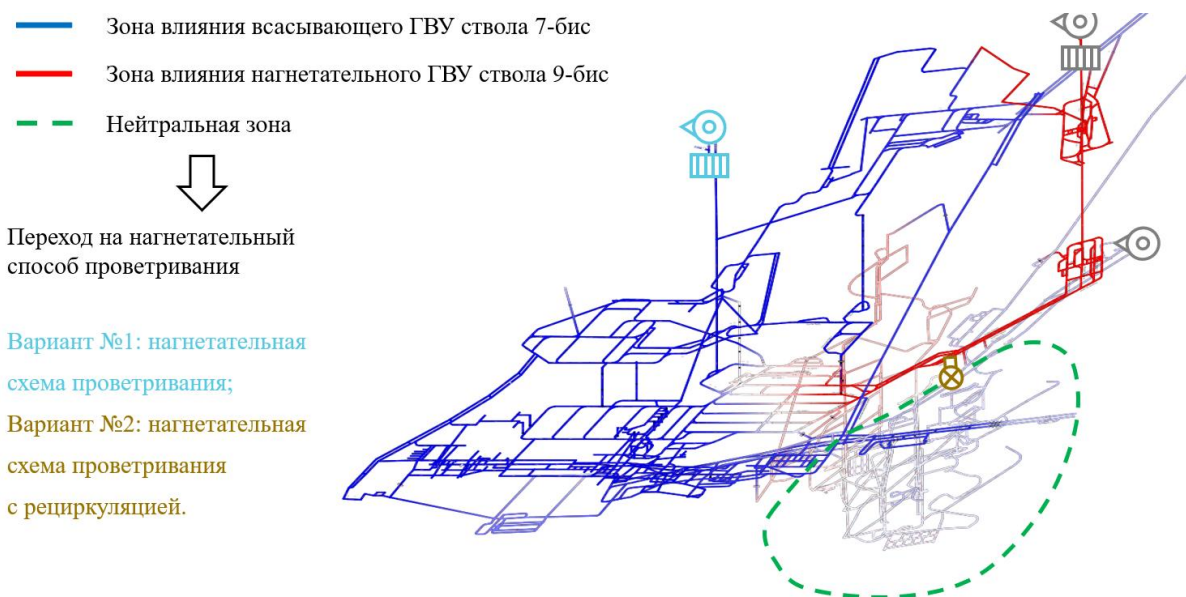


Рис. 6. Схема распределения давления в третий период развития

В связи с этим на третьем этапе наиболее целесообразным признан переход на полностью нагнетательную схему проветривания, реализация которой возможна с использованием существующих ГВУ. В этом случае одна из установок будет работать в реверсивном режиме, что требует реконструкции и создания новой калориферной установки. При условии необходимости увеличения объема добычи дополнительно рассмотрен вариант применения системы рециркуляции воздуха в руднике, обеспечивающей более гибкое управление вентиляционными потоками при сохранении нормативных параметров атмосферы в рабочих зонах.

Вывод

Проведенный комплекс исследований подтвердил возможность безопасного ведения горных работ в условиях комбинированной отработки. Реализация предложенной схемы проветривания и комплекса автоматизированных средств контроля обеспечивает выполнение требований промышленной безопасности при эксплуатации рудника «Заполярный».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов Ф.А., Фельдман Л.П., Святный В.А. Моделирование динамических процессов рудничной аэрологии. – Киев: Наукова думка, 1981. – 283 с.: ил.
2. Исаевич А.Г. Особенности применения рециркуляционных систем при проветривании калийных рудников // Стратегия и процессы освоения георесурсов: материалы науч. сес. ГИ УрО РАН по результатам НИР в 2004 г. – Пермь, 2005. – С. 232-235.
3. Круглов Ю.В. Моделирование систем оптимального управления воздухораспределением в вентиляционных сетях подземных рудников: дис. ... к.т.н.; 25.00.20 / Круглов Юрий Владиславович. – Пермь, 2006. – 170 с.
4. Аналитический комплекс «АэроСеть»: программа для ЭВМ: свидетельство о гос. регистрации № 2015610589 / Зайцев А.В., Казаков Б.П., Кашников А.В., Кормищиков Д.С., Круглов Ю.В., Левин Л.Ю., Мальков П.С., Шалимов А.В.; заявитель и правообладатель ГИ УрО РАН – № 2014613790; заявл. 24.04.2014; зарегистрировано 14.01.2015; опубл. 20.02.2015. – 1 с.
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых»: утв. 08.12.2020, № 505, действуют с 01.01.2021 г. – М.: ЗАО «НТЦ исследований проблем пром. безопасности, 2021. – 520 с. – (Документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр: сер. 03, вып. 78).