

УДК 622.271

Г.М. Еремин

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ, СПОСОБОВ И ТЕХНОЛОГИИ
ДОСТИЖЕНИЯ ВЫСОКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ В РАБОТЕ НАГОРНОГО РУДНИКА
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ В СЛОЖНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ
И ТОПОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ, БЛИЗКИХ
К АРКТИЧЕСКИМ (по материалам конкурсной работы)**

Часть 1

Аннотация

Среди других карьеров Мурманской области рудник Центральный ОАО «Апатит» занимает центральное место в течение вот уже 40-летнего периода его эксплуатации. Основанием для этого являются его уникальные природные климатические и топографические условия, позволяющие отнести его к нагорным месторождениям, а по действию и влиянию основных факторов (отрицательных температур, твердых осадков, ветровых нагрузок до ураганных, перепаду давления и содержания кислорода в воздухе к арктической зоне заполярных широт. Влиянию всего комплекса факторов проявилось при пуске карьера в эксплуатацию. Оказалось, что в проекте не были учтены (и не могли быть учтены) ряд горногеологических и горнотехнических факторов, связанных с особенностью работы карьера в условиях суровой и длительной зимы с большим количеством твердых осадков, попадающих в рудную и породную массу, отрицательных температур, достигающих минус 30-40 °С, ветровых нагрузок до скорости ветра 40 м/с, длительного влияния полярной ночи, а также обес-

печением нормальной и безопасной работы технологических звеньев карьерных рудоспусков. Своевременной очистки дорог и рабочих площадок от снежных заносов, безопасной отсыпки отвалов вскрышных пород с крутых склонов и др.)

Первоначально создавались такие аварийные ситуации, когда казалось невозможно или сложно обеспечить непрерывную ритмичную работу крупного горнорудного предприятия, карьера Центральный, и построенной новой крупной обогатительной фабрики «АНОФ-2», рассчитанной на переработку в основном апатитовой руды рудника открытых работ с проектной производительностью 12 млн т руды в год.

Длительные перерывы в доставке руды на фабрику, достигавшие 5-7 суток и более происходили из-за того, что первоначально в карьерных рудоспусках рудников Расвумчорр-Цирк, а затем Центрального в перепускных стволах на уровне откаточной штольни образовывались прочные ледокусовые «пробки», сложно поддававшиеся ликвидации, особенно при отсутствии тогда ещё опыта работы в таких ситуациях.

По мере решения данной проблемы и других связанных с очисткой площадок от снежных заносов, строительством дорог, энергетического обеспечения прокладкой линий ЛЭП к карьере, водой, теплоснабжения объектов рудника возникла крупная проблема с устойчивостью высоких отвалов, отсыпанных на крутых склонах, которые оказались подверженными деформациям и смещениям, а также обрушениям со склонов типа горных каменных селей.

Все эти и другие проблемы, связанные с обеспечением эффективного ведения горных работ в карьере с применением новой системы разработки поперечными заходками без разрезных траншей, оптимального вскрытия рудных горизонтов со стороны лежачего бока залежи, оптимизации производительности карьера могли быть решены только в результате привлечения крупных научных школ, научно-исследовательских институтов и ведущих ВУЗов страны, а также широким привлечением научно-производственного потенциала страны и работников самого ОАО «Апатит».

Это позволило не только решить возникшие проблемы в ходе эксплуатации нагорного карьера, но и увеличить его производительность в 2,25 раза и довести её до 27 млн т/год, самой дешевой в бывшем СССР и мире, обеспечив решение директивных заданий обеспечения страны фосфорными минеральными удобрениями.

Ниже приведены основные положения, позволяющие раскрыть особенности возникших проблем, решения, а также закономерности физико-технических процессов, новые научные и нормативные положения, при-

емы, способы и технологии, позволившие решить ключевые вопросы обеспечения эффективной работы карьера в ходе его непрерывной реконструкции и увеличения добычи руды, несмотря на сложные условия эксплуатации.

1. Климатические условия, критерии и методы оценки суровости климата

Рудник Центральный, построенный на базе месторождения «Плато Расвумчорр» на отметках, близких к +1000 м относительно уровня моря, и перепаде с отметками равнинных условий (+350-400 м) около 600 имеет особый климат. «Жесткость» климата, его отрицательное влияние и последствия длительного действия на организм человека и технологию горных работ проявляется в комплексном влиянии отрицательных температур воздуха, колебания давления, содержания кислорода в воздухе, наблюдающихся в туманные дни, перепадах и перемене климатических условий и влажности воздуха, в длительном и большом количестве выпадающих твердых осадков, частых туманах, снежных заносах, появлении периодов с сильными, а иногда ураганскими ветрами (до 40-45 м/с). Влияние этих факторов, и длительной зимы (до 9 месяцев) (снег выпадает в сентябре-октябре месяцах, а тает в основном в июне месяце) создают сложные и напряженные условия работ, поэтому данный район (плато Расвумчорр) получил название «Малая Антарктида», а официально он приравнивается у условиям арктических островов (Шпицберген, Земля Франца Иосифа, Новая Земля и др.).

Сложные и суровые условия района расположения рудника исследователи попытались учесть одновременным влиянием отрицательной температуры и скорости ветра, изучая теплоотдачу организма человека. После обобщения полученных данных была выведена эмпирическая формула, связывающая эквивалентно-штилевую температуру (t_3), температуру воздуха (t_b) и скорость ветра, введя показатель ветровой декремент (θ_v)

$$t_3 = t_b - K \times \theta_v$$

где K – поправочный коэффициент к ветровому декременту.

Приняв температуру тела человека, равную 36°C , получим

$$t_3 = t_b - (3,6 - 0,1 t_b) \times \theta_v$$

Выполнив расчеты для условий, близких к средним для Центрального рудника $t_b = -20^\circ\text{C}$ и скорость ветра $v = 10$ м/с, и определив $\theta_v = 8^\circ\text{C}$, получим $t_3 = -65^\circ\text{C}$.

Из этих данных следует, что открытые участки тела человека будут ощущать такой же холод, что и при полном штиле, но при температуре воздуха $t_b = -65^\circ\text{C}$. Эти данные свидетельствуют также о том, что насколько сложные ситуации в карьере могут складываться при одновременном влиянии группы факторов (отрицательной температуры, скорости ветра, влиянии снежных зарядов в условиях плохой видимости в карьере) на работу обслуживающего персонала и техники и насколько важна в этих случаях прогностическая оценка ситуаций и планирования работ в карьере, и устранения отказов оборудования и механизмов машин (вспомогательных служб и ремонта техники).

2. Разработка технологических схем и технологии перепус-

ка апатитовых руд по глубоким карьерным рудоспускам. Совершенствование их конструктивных параметров

Проблема эксплуатации карьерных рудоспусков, выходящих в зону карьера и, следовательно, подверженных влиянию климатических условий, возникла в 1963-65 гг., когда начали работать вначале карьер рудника «Расвумчорр-Цирк», а затем карьер Центрального рудника ПО «Апатит».

Месторождение «Расвумчорр-Цирк», обрабатываемое рудником Расвумчорр-Цирк, было вскрыто двумя рудоспусками диаметром 5 м и глубиной 120-140 м с односторонним выпуском руды на транспортную штольню. Нагорное месторождение «Плато Расвумчорр», обрабатываемое рудником Центральный по проекту было вскрыто тремя вертикальными рудоспусками диаметром 6 м и глубиной 600 м.

Как в сравнительно неглубоких, так и глубоких рудоспусках в стволах и выпускной части первоначально часто возникали прочные иногда трудноликвидируемые «пробки».

Для решения проблемы обеспечения надежной работы рудоспусков и снабжения рудой новой построенной в 1961 г. обогатительной фабрики «АНОФ-2» тогдашнее местное руководство в лице первого секретаря горкома партии обязало руководство ПО «Апатит» и руководителей Кольского филиала предпринять шаги и в короткий срок решить проблему эксплуатации рудоспусков, поскольку каждая минута простоя фабрики обходилось около 343 руб. (в ценах 1965 г.).

В связи с этим в 1965 году на базе ПО «Апатит» было организовано Все-

союзное совещание по проблеме работы глубоких рудоспусков.

На нём присутствовали известные учёные и исследователи в области горных наук:

- от Горного института (ЛГИ) – профессор, доктор технических наук Геронтьев В.И., кандидат технических наук Мисник Ю.М., Серебренников К.Н., Сашин А.А.

- от Московского Горного института - кандидат технических наук Анистратов Ю.И., Жабин Н.И.

- от Горного института Кольского филиала АН СССР директор института – Турчанинов И.А. (научный руководитель темы по рудоспускам), Корнев Г.Н. (ответственный исполнитель темы), Алёхичев С.П., Калабин Г.В., Вассерман А.Д., Подозерский Д.С., Максимов Е.Г., Еремин Г.М.

- от института Химии Кольского филиала АН СССР принимал участие - кандидат химических наук Хамский Е.В.

- от ПО «Апатит» - главный инженер Пермяков Р.С., Торцев В.Г., Кулешов А.А., Павленко Т.И., Гаркуша Л.Н. и др.

На совещании были приняты направление и стратегия исследований, которые должны были вести параллельно институты в соответствии с поставленными задачами.

В Горном институте Кольского филиала АН СССР исследования по проблеме глубоких рудоспусков в 1965 г. возглавил д.т.н. А.И. Арсентьев. Совместно с работниками ПО «Апатит» была разработана комплексная программа научно-исследовательских работ, включающая исследования причин образования завесаний руды в рудоспусках и со-

вершенствование их конструктивных параметров и разработки оптимального режима выпуска руды.

На основе опыта эксплуатации рудоспусков рудника «Расвумчорр-Цирк» и Центральный (рудоспуск № 2 – построен без расширения бункерной части и оказался не работоспособным) было ясно, что бункерная часть глубоких рудоспусков должна быть расширена. Конструкцию рудоспусков с расширенными параметрами бункерами предложил работник ПО «Апатит» - А.В. Стехновский.

На основе исследований, проведённых в МГИ под руководством чл.корр. АН СССР проф. В.В. Ржевского и рекомендаций института Гипроруда перепроектированы вид и параметры бункера рудоспуска № 3 до прямоугольного сечения размером 19×14 м. Работниками ПО «Апатит» совместно с сотрудниками Горного института предложено овальное сечение рудоспуска № 1 размером 11×19 м.

В процессе полномасштабных исследований с изучением свойств материала со снегом, поступающего и выходящего из рудоспусков, с замером температуры и содержания снега в рудной массе, анализа случаев образования завесаний руды в рудоспусках был разработан режим эксплуатации рудоспусков, и в 1966 г. вышла «Инструкция по эксплуатации глубоких карьерных рудоспусков ПО «Апатит»», составителями которой были Арсентьев А.И., Кулешов А.А., Оводенко Б.К., Павленко Т.И., Маркова Н.И., Гаркуша Л.Н.

Разработана технология и режим перепуска руды со снегом по глубоким карьерным рудоспускам ПО «Апатит».

Авторы: Арсентьев А.И., Анистратов Ю.И., Оводенко Б.К., Гушин В.В., Кулешов А.А., Еремин Г.М. и др.

В результате исследований и изучений большого коллектива научных работников Горного института, других институтов, работников объединения «Апатит» установлены причины, особенности и закономерности образования зависаний руды в глубоких карьерных рудоспусках, выявлен механизм их образования в стволах, бункерах и течках рудоспусков при влиянии высоты падения руды в рудоспуски (карьеры рудников Расвумчорр-Цирк и Центральный), влияния отрицательной температуры, заснеженности руды и перерывов в её выпуске. В результате исследований принято решение о расширении бункерной части рудоспусков и разработана технология и оптимальный режим загрузки и выпуска руды из глубоких рудоспусков, содержание в руде снега, после её зачистки в забоях, не превышающей её величины 5 % (фракция 0-5 мм), перерывов в выпуске руды, не превышающей 0,5 часа. Также было рекомендовано соблюдение особых регламентов при перепуске руд при низких температурах (ниже минус 15 °С) и в весенний период (в том числе при попадании паводковых вод по трещинам в рудную массу). Внедрение режима перепуска руды по глубоким рудоспускам позволило резко сократить число образований зависания руды в рудоспусках, а затем в некоторые периоды и полностью их исключить.

По проблеме глубоких рудоспусков были защищены 5 кандидатских диссертаций (две в МГИ – Жабин Н.И., Фефелов; две в ЛГИ – Кулешов

А.А., Сашин А.А. и одна в Горном институте КНЦ РАН – Еремин Г.М.). Оригинальные исследования выполнены Сашиним А.А., рассмотревшем применение реактивных снарядов для ликвидации зависаний руды в рудоспусках, а также Еремина Г.М., изучившем изменение сцепления в рудной массе со снегом под действием статических и динамических нагрузок, содержания снега в ней и влияния отрицательных температур. Прослежено влияние толщины пленок воды на длительность их замерзания. На моделях с натурным материалом (со снегом) подтверждено образование трубообразных полостей в бункере рудоспуска, а при ударных нагрузках (без выпуска руды) образование ядра уплотнения (смерзания). В результате моделирования обосновано, что лучшее истечение материала (со снегом) достигается при наклонной форме бункера (со смещением ствола относительно бункера). Интенсивность потока возрастает при этом в 1,5-2 раза по сравнению с соосным выполнением ствола и бункера рудоспусков.

Несмотря на разработанный режим загрузки и выпуска руды из рудоспусков зависания руды довольно часто возникали в рудоспусках при их эксплуатации, но были непродолжительны. Для их ликвидации часто применяли взрывчатые вещества (ВВ), что в немалой степени послужило причиной разрушения бункерных частей рудоспусков.

Кроме того оказалось, что вскрытие первоначально 3 рудоспусками эффективно только для первого этапа эксплуатации карьера, постепенно увеличивается расстояние перевозки руды до рудоспусков и со-

№	Календарное время, %	Р-к Расвумчорр-Цирк			
		1963	1964	1964 р-к №2	1965 р-к №3
1.	Погрузка руды в думкары	15,1	11,3	40,6	30,0
2.	Ликвидация зависаний	57,5	20,5	22,5	42,0
3.	Перерывы в подаче порожняка	24,8	54,0	23,8	15,0
4.	Климатические простои	1,2	2,4	6,9	7,0
5.	Простои из-за организационно-технических неполадок	1,4	12,0	6,2	6,0
		100,0	100,0	100,0	100,0

ответственно затраты на транспорт руды.

Поэтому руководством ПО «Апатит» было принято решение о проведении ещё 2-х рудоспусков № 4 и № 5.

Конструкция рудоспусков была спроектирована в производственно-конструкторском бюро (ПКБ) комбината. В условиях невозможности остановки работающего карьера было принято решение о проходке рудоспусков снизу вверх. В Швеции был закуплен комплект «Алимак», позволяющий проходить вертикальные выработки снизу вверх большого сечения. Работами по проходке рудоспусков руководил доктор технических наук В.В. Гушин. Они были выполнены в срок и в 1985 году вступил в эксплуатацию сначала один (№ 4), а в 1987 году другой рудоспуск (№ 5).

С понижением дна карьера до отм. +550 м и ниже выяснилось, что необходимо проведение ещё двух рудоспусков № 6 и № 7. Один из них № 6 был пройден и введен в эксплуатацию в 1998 году.

За длительный период эксплуатации рудоспусков были установлены ряд закономерностей и свойств, и связанных как с безаварийной и ритмичной их работой в различные сезо-

ны, их разрушением, а также своевременного ввода рудоспусков по мере отработки запасов наклонно падающего рудного тела. Выявлено, что для поддержания оптимального плеча транспортирование руды до рудоспусков в проектах разработки месторождений полезных ископаемых должно быть предусмотрено проведение транспортной штольни поперёк рудного тела и выведение рудоспусков на неё. Кроме того, в проектах должно быть предусмотрено мероприятие по отводу воды от бункеров рудоспусков, иначе их приходится останавливать в мае месяце при таянии снега в карьере и попадании воды в рудную массу, что грозит гидравлическими выбросами её в откаточную выработку.

В процессе эксплуатации карьерных рудоспусков налажен режим загрузки и выпуска руды из бункеров различной конструкции, что позволило достичь их высокой производительности. В таблице приведены данные, свидетельствующие о том, что работникам рудника удалось снизить перерывы в подаче порожняка под погрузку, простои по климатическим причинам и организационно-технических неполадок.

40-летний период эксплуатации рудоспусков ГОКа показал, что соосное выполнение ствола и бункера создаёт большую вероятность образования критического переуплотнения и смерзания руды в рудоспуске при возникающих перерывах в выпуске руды полчаса и больше, чем при некотором смещении ствола относительно бункера, что целесообразно учитывать при вскрытии нагорных месторождений.

По проблеме глубоких рудоспусков опубликовано 2 монографии [1, 2].

3. Совершенствование и оптимизация процессов ведения горных работ в карьере

3.1. Учёт снегозаносимости рудных забоев и площадок в карьерах и других климатических факторов

В виде снега в зависимости от абсолютной высоты местности выпадает 57-70 % годовой суммы осадков. При этом слой свежевывающего снега достигает 1 м толщины при плотности $0,25 \text{ т/м}^3$.

На карьере «Центральный» ОАО «Апатит» в первые годы эксплуатации за зиму скапливалось до 1-2 млн м^3 снега, на уборку которого тратилось около 1,5 тыс. ч.

Большой ущерб могут принести суточные максимумы осадков, достигающие в районе рудника «Центральный» 250 мм.

Осложняющим фактором ведения горных работ в карьере являются туманы.

При работе на нагорных карьерах, расположенных на высоте свыше 600-700 м, где продолжительность дней с туманами составляет более 190, в октябре и ноябре туманы составляют от 53 до 74 % всего времени. Туманы

могут держаться на горных плато сутки и более.

При туманах работа транспорта в карьере прекращается при видимости менее 20 м, а при видимости до 50 м скорость движения не должна превышать 5 км/ч. При этом снижается не только производительность транспорта, но и экскаваторов.

В результате исследований, проведённых В.И. Усыниным под руководством д-р. техн. наук А.И. Арсентьева установлено, что снижения заносов рабочих площадок в карьере можно добиться на основе учёта многолетних наблюдений по снегопереносу в районе карьера и направления ветров, с отстройкой выработок при системе с поперечными заходками без разрезных траншей с помощью улавливающих траншей, отстраиваемых на пути основного снегопереноса в карьере. Эффективными также оказались щиты, устраиваемые на пути переносимых ветром осадков.

Применение этих мер и способов особенно помогли в первые годы эксплуатации карьера, когда снегозаносимости подверглись небольшое количество выработок и объём концентрации снега в забоях и на рабочих площадках был особенно велик. Необходимость зачистки рудных забоев от снега и доведения его до минимального содержания снега в руде диктовалась регламентом безаварийной эксплуатации рудоспусков. По мере развития карьерного пространства и перераспределением снега на многих площадках острота проблемы с заносом площадок и рудных забоев снижалась, и тем не менее эта дополнительная нагрузка на выполнение технологических работ в карьере сохраняется, и она больше в 1.5-2 раза

чем на других карьерах региона. Снег от зачистки рудных забоев и площадок вывозят в специальные места или в отвалы.

Дополнительные затраты на погрузку и вывозку снега из карьера в первые годы (с 1963 г. по 1967 г.) ежегодно возрастали с 97 тыс. руб. до 286.5 тыс. руб. (в ценах 1970 г.).

В начале 70-х годов на руднике Центральный комбината «Апатит» ежегодные затраты на вывозку снега составляли 250 тыс. руб. На руднике Железном и Ждановском – около 80 тыс. руб.

3.2. Обоснование и внедрение новой системы разработки на карьере Центрального рудника

Значительный объем исследований выполнен научно-исследовательскими и проектными институтами (Горным институтом Кольского филиала АН СССР, Московским горным институтом, ГИГХСом, Гипрорудой) по установлению рационального направления развития горных работ в карьере.

На основе комплексных исследований, выполненных Горным институтом КФАН и институтом ГИГХС, были обоснованы и сформированы основные принципы и параметры новой системы разработки – поперечными заходками без разрезных траншей.

Крупная работа выполнена творческим коллективом из сотрудников Горного института Кольского филиала АН СССР, ГИГХС, производственного объединения «Апатит» по единой программе под научным руководством А.И. Арсентьева, Ф.Г. Грачева и Р.С. Пермякова по оптимизации производительности рудника «Центральный». Было обосновано, что производительность карьера может

составить 18-20 млн т/год вместо 12 млн т/год по проекту. Производительность карьера 18 млн т/год достигнута рудником уже в 1976 году.

Разработанная идеология о преимущественном развитии открытого способа при разработке апатитовых месторождений Хибин стала программной основой расширения производственных мощностей комбината на период 1970-84 гг. с доведением его производительности до 20-22 млн т апатитового концентрата в год.

В 1976-77 гг. при главном инженере ПО «Апатит» рассматривались два варианта производительности карьера «Центральный», предложенные сотрудниками Горного института Кольского филиала АН СССР и специалистами ПО «Апатит»:

I - 24-25 млн т/год (Б.К. Оводенко, В.И. Усынин, Б.А. Матвеев) и

II - 26-26,5 млн т/год (Г.М. Еремин, В.Т. Маслов, Н.А. Козырева).

В результате рассмотрения принят вариант с производительностью карьера 25 млн.т/год. В процессе работы карьера эта производительность не только была достигнута, но и превышена. Максимальная производительность карьера составила около 28 млн т/год (1982 г.).

Система разработки поперечными заходками при вскрытии новых горизонтов по лежащему боку залежи была рекомендована группой авторов под руководством А.И. Арсентьева в 1964 году. Она позволила, во-первых, своевременно пустить карьер в эксплуатацию несмотря на отставание вскрышных работ, допущенных при ведении работ по проекту с продольной схемой подготовки горизонтов, во-вторых, значительно улучшить режим горных работ. По предложенному Кольским филиалом АН СССР,

Государственным институтом горно-химического сырья, ПО «Апатит» и институтом «Гипроруда» по новому календарному графику выемки вскрышных пород предусматривалось значительное уменьшение объема вскрышных работ в первый период работы карьера при одинаковом объеме добычи руды.

При внедрение новой системы разработки из года в год происходило снижение себестоимости добычи руды и вскрыши. Так, в 1965 г. себестоимость вскрышных работ была снижена на 15 коп/м³ по сравнению с 1964 года (в ценах 1965 г.) и составила 1,81 руб/м³. Себестоимость добычи руды в 1965 г. составила 1,48 руб/г и оказалась значительно меньшей, чем на подземных рудниках комбината «Апатит».

Кроме того уже в зимний период 1965-66 гг. работа на коротких блоках позволила снизить содержание снега в руде до предельного значения (2 %).

Себестоимость вскрышных работ в 1966 г. составила 1,91 руб/м³, а себестоимость добычи руды – 1,51 руб/г. За счёт уменьшения объема вскрыши в 1966 г. по новому календарному графику выемки вскрышных пород получена экономия в размере 1,86 млн руб. (в ценах 1965 г.)

Значительный экономический эффект от перераспределения объемов вскрышных работ во времени складывается за счет уменьшения объемов вскрышных работ в первый период работы карьера. По расчетам на конец 1970 г. экономия эксплуатационных затрат должна была составить от 8,57 до 9,84 млн руб., а с учетом накоплений – от 11,88 до 13,51 млн руб.; на конец 1983 г. – от 15,14 до 21,84 млн руб., а с учетом накопле-

ний – от 55,22 до 71,37 млн руб. (в ценах 1980 года).

4. Разработка технологических схем и технологий отвалообразования на крутых склонах

По мере решения проблемы с обеспечением ритмичной работы глубоких карьерных рудоспусков в карьере создавалась чрезвычайно сложная ситуация в связи с тем, что высокие отвалы, отсыпаемые с крутых склонов, оказались подверженными деформационным подвижкам и смещениям, а с 1967 г. после обрушения отвала № 4 по типу техногенного семя, острота проблемы ещё более увеличилась, поскольку в процессе отвалообразования большегрузные автосамосвалы должны выезжать на насыпную часть отвала и вести разгрузку пород под откос.

В связи с этим на базе ПО «Апатит» в 1968 г. было организовано Всесоюзное совещание по проблеме безопасной эксплуатации нагорных отвалов. На совещании присутствовали крупные и известные специалисты, ученые и исследователи:

- доктор технических наук Г.Л. Фисенко и кандидат технических наук А.М. Мочалов, Ю.С. Козлов (ВНИМИ), Ц.Х. Абемян (от МГИ), М.Е. Певзнер (ГИГХС) и др.

- от Горного института Кольского филиала АН СССР – директор института Турчанинов И.А., зав. лабораторией открытых работ Б.К. Оводенко, сотрудники лаборатории Э.Б. Красносельский, В.И. Усынин, Г.М. Еремин.

- от ПО «Апатит» - главный инженер комбината Р.С. Пермяков, В.С. Кожин, С.Е. Архипова, А.А. Кулешов, В.Т. Маслов, В.К. Лебедев, Г.В. Сазонов, В.Б. Исаев и др.

В решении совещания были отмечены основные способы решения проблемы и необходимость проведения комплексных исследований.

Первоначально ведение научно-исследовательских работ в Горном институте Кольского филиала АН СССР было возложено на младшего научного сотрудника Г.М. Еремина. Им в результате анализа проектной схемы размещения постоянных отвалов на склонах в 1969 г. было предложено вести складирование пород не на лежачем боку залежи, а на висячем боку вблизи вскрышных зон в карьере, что в 2-3 раза уменьшило плечо откатки пород до отвалов.

Для изучения проблемы с деформациями отвалов в Горном институте Кольского филиала АН СССР были поставлены полномасштабные исследования как в направлении изучения свойств заснеженного материала под действием сдвиговых нагрузок, уплотнения, влияния заснеженности пород и температуры, так анализа и обобщения деформаций пород отвалов на различных участках, а также разработки технических решений по обеспечению безопасного и эффективного отвалообразования на склонах гор.

В работе приведены результаты исследований, связанных с установлением причин деформаций отвалов горных пород на склонах от их реологического течения (при включении в породу снега) до таяния снега и насыщения породы водой, следствием чего является зарождение техногенного селя и в последующем обрушения отвала по типу горных селей с загрязнением склонов и долин грязевыми и шламовыми массами.

На руднике Центральный ОАО «Апатит» зафиксированы 23 обруше-

ний отвалов со склонов. Деформация и обрушения отвалов продолжались в течение всего периода отсыпки отвалов с горных склонов и прекратились только со спуском к основанию склонов и отсыпки отвалов небольшой высоты. В связи с тем, что на карьерах ОАО «Апатит» предстоит строительство высоких отвалов (до 200-300 м), в том числе с применением циклично-поточной технологии, а также создание высоких отвалов в других зонах (Удокан и др.) проведено дополнительное изучение влияющих факторов с формулированием механизма деформаций и обрушений отвалов со склонов до поиска и разработки технических решений, предотвращающих зарождение, развитие очага техногенного селя в теле отвала.

С этой целью проведено изучение физико-механических свойств породной массы с различным содержанием снега (воды) в ней, с различной нагрузкой уплотнения и сдвига при влиянии отрицательной температуры в диапазоне от нуля градусов до минус пяти-десяти градусов и ниже. Разработана новая приборная база и методика лабораторных исследований, позволяющая в автоматическом режиме устанавливать деформацию породной массы при влиянии уплотняющей и сдвиговой нагрузок и отрицательной температуры с записью всех основных параметров на осциллограммы.

Способы размещения и технологии формирования отвалов вблизи и внутри контура карьера с частичной переэкскавацией, способствующие снижению плеча транспортирования пород на 2-3 км и повышающие безопасность отвалообразования на карьерах.

Научное обоснование предлагаемым способом и технологиям отвалообразования заключается в следующем:

- установлена физико-математическая модель изменения прочностных и деформационных свойств породной массы под влиянием комплекса факторов: величин уплотняющей и сдвиговых нагрузок, заснеженности (влажности) породы, отрицательной температуры;

- установлена математическая модель изменения скорости деформации отвала по данным практики с выделением стадии пластического (реологического) течения и смещения пород со склона до стадии таяния снега в породной массе и насыщения её водой и перехода отвала в последнюю критическую стадию с обрушением со склона типа селя;

- выделена стадия состояния отвала на склоне и закономерный процесс, протекающий в теле отвала, заключающийся в том, что при заснеженности пород свыше $\omega > 3-5\%$ (фракция 0-5 мм) и температурах ниже минус 1-2 °С под нагрузкой происходит смерзание породной массы, при этом прочностные свойства такой среды изменяются по криволинейной зависимости близкой экспоненциальной, а скорость деформации снижается до минимальной величины;

- на основе полученных новых данных об особенностях и закономерностях смерзания породной массы со снегом (льдом) и деформации разработаны технологические схемы формирования и размещения отвалов на склонах, позволяющие повысить их устойчивость и снизить плечо транспортирования пород до отвалов в 2-3 раза (временные отвалы).

Разработана технология складирования пород вскрыши во временные отвалы с учётом их деформации и смещения за контуры карьера.

Авторы: Ерёмин Г.М., Оводенко Б.К., Красносельский Э.Б., Романов О.В., Лебедев В.К., Маслов В.Т., Архипова С.Е., Исаев В.Б.

На основании проведённых теоретических исследований, лабораторного изучения свойств породного материала с различной его заснеженностью, нагрузкой уплотнения, влияния отрицательных температур выявлены основные закономерности деформации пород в различных условиях. Оказалось, что теоретическая модель деформации породной массы со снегом (льдом), её лабораторная модель корреспондируют с натуральной, полученной в результате анализа случаев деформаций и оползней пород отвалов со склонов. В результате была разработана технология и оптимальный режим временного складирования пород вскрыши со снегов (льдов) во временные отвалы, находящиеся в контурах карьера. Внедрение предложений позволило организовать отвалы № 8, 9 на Центральном руднике ОАО «Апатит», что позволило в последующем получить значительный экономический эффект за счёт сокращения плеча транспортирования пород до отвалов (на 1-1,5 км) и снижения объёма переэкскавации пород за счёт их самотранспортирования за контуры карьера. Это позволило снизить себестоимость добычи руды на руднике и получить эффект в размере 700 тыс. руб. в год (в ценах 1989 года).

Установленные особенности и закономерности деформирования породной массы со снегом (льдом) и с влагой, а также данные по деформа-

циям отвалов на 25 площадках положены в основу формирования временных отвалов-самотранспортирования пород за контуры карьера в северо-восточной зоне (отвалы № 8, 9, 10) и постоянных отвалов в зоне висячего бока залежи (на рабочем борту карьера), что в 2-3 раза снизило расстояние транспортирования пород до отвалов по сравнению с проектом, где отвалы предлагалось разместить на нерабочем борту карьера. Объяснен механизм деформации и обрушения отвалов со склонов, разработаны технологические схемы, предотвращающие зарождение и развитие техногенных селей на склонах, с учетом полученных новых данных устойчивая высота отвалов может достигать 200-300 м при разработанной технологии их отсыпки. Новизна работы заключается в получении 3 патентов РФ и одной подготовленной заявки на предполагаемое изобретение.

Научное значение работы заключается в установлении новых свойств и закономерностей деформаций и смещения отвалов со склонов.

Практическая значимость работы заключается в получении эффекта в размере около 4 млн руб/год (в ценах 1989 г.).

По проблеме безопасного отвалообразования опубликованы монографии [3, 4].

Организация стабильной и обеспечение высокопроизводительной работы Центрального рудника с доведением производительности карьера до 27,6-28 млн.т руды в год стала возможной в результате решения ряда важных вопросов, основными из которых были:

- внедрение системы разработки поперечными заходками без разрезных траншей;

- отработка режима перепуска руды по сверхглубоким рудоспускам;

- обоснование возможности производства отвальных работ на движущихся отвалах высотой до 400 м, расположенных на наклонном основании.

4.1. Обоснование рационального местоположения отвалов на высокогорном карьере рудника Центральный при разработке бокового рудного тела («Восточный Расвумчорр»)

По проекту Гипроруда, составленным в 1958-1959 гг., местоположение основных отвалов выбрано на южном склоне плато Расвумчорр (на нерабочем борту карьера).

Последующие исследования, проведенные в Горном институте Кольского филиала АН СССР (Еремин Г.М.) показали, что при пологом падении рудного тела расстояние транспортирования вскрышных пород до площадок отвалов будет быстро увеличиваться и может составить при его доработке 7-8 км и более. Учитывая, близко расположенные относительно контура карьера крутые склоны, предложено размещать отвалы вблизи от вскрышных зон в висячем боку залежи. А в результате изучения свойств снегорудного конгломерата (его реологических свойств) предложено широко использовать «текучие» свойства породной массы со снегом (льдом) организацией временных отвалов внутри контура карьера с последующим их смещением за его границы (отвалы – самотранспортирования пород № 8, 9, 10).

За длительный срок эксплуатации отвалов на руднике (более 40 лет) выделены 2 этапа их состояния и работы:

I – устойчивого и безопасного отвалообразования независимо от высоты отвала ($H_0 \geq 250-300$ м);

II – при их деформации и смещения на пологую часть склона (попадание талых вод в породные слои основания отвалов). При таянии снега в них породная масса может разжижаться до такого критического состояния, когда начинается обрушения отвала со склона типа селя.

В настоящее время накоплен значительный опыт по отвалообразованию в различных условиях, учтены многие из предложенных рекомендаций, в результате устойчивая высота отвалов достигла 200 м и более.

Приведенные выше результаты исследований позволяют рекомендовать размещение основных отвалов в ви-

ссячем боку залежи при разработке бокового рудного тела (месторождение «Восточный Расвумчорр») в северо-западной и северной его зоне, а при разработке его высокогорной части целесообразно применять временные отвалы с частичной переэкскавацией. Дополнительные отвалы при разносе северного борта могут быть размещены в местах ранее отсыпанных отвалов № 13, 14, а также во временные отвалы.

Высокие постоянные отвалы ($H_0 \geq 200-300$ м) на виссячем боку залежи могут быть отсыпаны с помощью конвейерного транспорта (ЦПТ). Перспективно применение и поточной технологии, поскольку местоположение отвалов приурочены к долиненной зоне с менее суровыми климатическими условиями. На технологию и оборудование получен патент РФ.

ГИАБ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карьерные рудоспуски / В.В. Ржевский, А.И. Арсентьев, Р.С. Пермяков, А.А. Кулешов, Б.К. Оводенко, Ю.И. Анистратов. М.: «Недра», 1969. – 208 с.

2. Глубокие рудоспуски / В.В. Гушин, Ю.А. Епимахов, А.А. Козырев, В.А. Мальцев, В.И. Усынин, Г.М. Еремин. Апатиты. Изд. КНЦ РАН. 1997. – 195 с.

3. Красносельский Э.Б., Калабин Г.В., Оводенко Б.К. и др. Отвалы на горных склонах. – Л: Наука. 1975. – 150 с.

4. Еремин Г.М. Физико-технические и деформационные процессы в насыпных породах на склонах. – М.: Изд-во МГТУ, 2007.

ГИАБ

Коротко об авторах

Еремин Г.М. – кандидат технических наук, Горный институт Кольского научного центра Российской Академии наук.

Статья представлена Горным институтом Кольского научного центра Российской Академии наук.



ДИССЕРТАЦИИ**ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ
ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ**

<i>Автор</i>	<i>Название работы</i>	<i>Специальность</i>	<i>Ученая степень</i>
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ			
САЙ ДЖО НАЙНГ У	Совершенствование физико-химической геотехнологии кучного выщелачивания меди на основе применения биосорбентов	25.00.22	к.т.н.
ТУН ТУН МО	Обоснование способа сернокислотного выщелачивания кобальтоносных донных образований на основе оптимизации его режимов	25.00.22	к.т.н.