



Г.М. Еремин

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ
И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ
В НАСЫПНЫХ ПОРОДАХ
НА СКЛОНАХ

МОСКВА

Издательство
«ГОРНАЯ КНИГА»

2007

УДК 622.693.26

ББК 33.1

Е70

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.

Еремин Г.М.

Е70 Физико-технические и геомеханические процессы в насыпных породах на склонах. — М.: Издательство «Горная книга». — 2007. — 343 с.: ил.

ISBN 978-5-98672-052-4 (пер.)

Приведены результаты многолетних исследований и наблюдений за процессами отвалообразования в условиях нагорных месторождений Севера. На основе изучения физико-механических свойств породной массы отвалов с различным содержанием снега, льда и воды показано изменение этих свойств под действием различных уплотняющих нагрузок и температур.

Объяснен механизм деформации и обрушения отвалов со склонов, предложены технологические схемы, предотвращающие зарождение и развитие техногенных селей на склонах. Разработаны новая приборная база и методика лабораторных исследований.

Для специалистов горно-рудных предприятий, проектных институтов и научно-исследовательских организаций. Может быть полезна студентам горных специальностей и учащимся техникумов.

УДК 622.693.26

ББК 33.1

ISBN 978-5-98672-052-4

© Г.М. Еремин, 2007

© Издательство «Горная книга», 2007

© Дизайн книги. Издательство МГТУ,
2007

Решение народно-хозяйственных проблем рациональной разработки природных богатств, эффективного освоения минерально-сырьевых ресурсов, разработка ресурсосберегающих технологий неразрывно связаны с дальнейшим совершенствованием технологических процессов на карьерах с учетом использования на практике свойств породного материала. Это особенно актуально и важно для условий нагорных месторождений Севера с большими грузопотоками вскрыши до площадок отвалов, расположенных на значительных расстояниях от карьеров, в условиях повышенных деформаций и обрушений отвалов со склонов.

В основу методологии обоснования и выбора эффективных способов временного размещения вскрышных пород в контурах карьера положены принципы и методы, разработанные под руководством акад. Н.В. Мельникова при научном обосновании применения бестранспортной системы разработки пластовых месторождений полезных ископаемых с четкой технологической и геометрической взаимосвязью между объемами выемки полезного ископаемого (угля) и породой, временно складированной в контурах карьера, а также теории, развитой почетным акад. В.С. Хохряковым, предложившим применение промежуточных отвалов при поэтапной разработке месторождений.

В книге детально не рассматриваются теоретические проблемы научных основ, связанных с особенностью внутреннего отвалообразования в карьерах при разработке вытянутых рудных тел, разработанных еще в начале 60-х гг. XX в. П.И. Томаковым, А.И. Арсентьевым и другими учеными и исследователями и получивших решение и развитие в 1970—1980 гг. при разработке ряда месторождений. Кроме того, ввиду сложности проблемы управления отвалообразованием на склонах при включении в породную массу слабых компонентов (снег, лед, вода) не рассматриваются специальные способы управления деформированием пород отвалов, разработанные А.М. Деминим (применение «слабого» основания отвалов в виде глинистых пород). В основу данной работы положены результаты исследований и наблюдений за процессами отвалообразования в сложных топографических и климатических условиях высокогорного рудника «Центральный» ОАО «Апатит» в течение длительного времени. Сложность проблемы объясняется тем, что пока разрабатывалась высокогорная часть месторождения «Плато Расумчорр» произошло 23 обрушения отвалов в виде селей. Для получения достоверных данных о причинах и механизмах процессов, протекающих в отвалах, применен комплекс методов, включающий в себя также лабораторное изучение свойств снегопородного конгломерата в широком диапазоне изменения нагрузок, включений снега (воды), влияния отрицательных температур. С этой целью была разработана новая приборная база для изучения более крупных образцов скальных пород, что повысило точность и представительность полученных данных. Для подтверждения научных положений и выводов автором использованы ранее полученные результаты исследований, связанные с особенностью смерзания рудной (породной) массы при влиянии ряда факторов

климатического характера, а также при испытании крупноразмерных кусков (блоков) породы на сдвиг. Это облегчает объяснение некоторых механизмов сопротивляемости призмы упора отвала сдвигу.

Приведенные в книге результаты исследований представляют собой логическую связь решаемых вопросов, начиная с постановочной части, в которой излагается состояние исследований в области отвалообразования, и заканчивая решением возникающих на карьерах проблем, вызванных деформацией отвалов на склонах. На основе изучения свойств породного материала со снегом (льдом и влагой) показано изменение этих свойств под действием уплотняющих нагрузок, таяния снега, замерзания воды. В результате стало возможным объяснение механизма протекания деформаций ослабленных слоев в отвале и постепенного насыщения их водой, а также причин, приводящих со временем к обрушению отвалов со склона. При решении технологических вопросов разработаны эффективные схемы и способы отвалообразования, позволяющие учесть как вертикальную составляющую отсыпaeмой на склоне толщи пород, так и ее горизонтальную составляющую, с которой связано обоснование расстояния транспортировки пород до площадок отвалов. Показана эффективность применения комбинированных отвалов, включающих в себя основные (стационарные), дополнительные (на крыльях залежи) и временные (в контуре карьера с частичной переэкскавацией и управляемым смещением по склону). Приведенная научно-методическая база, учитывающая закономерности деформации породной массы со снегом (льдом) в поле отрицательных температур под нагрузкой, надежно подкреплена практикой ведения работ в условиях рудника «Центральный» ОАО «Апатит».

В работе затронуты подходы и даны решения по важной для условий Севера проблеме применения новых методов и способов выбора местоположения и создания высоких отвалов на основе более совершенных и производительных способов транспортировки пород вскрыши из глубоких карьеров с помощью крутонаклонных и вертикальных конвейеров в системе циклично-поточной и поточной технологии на карьерах.

В заключительной части книги приведены современные способы переэкскавации породной массы со снегом (льдом) и подтверждена актуальность исследований работ в этой области, поскольку на карьерах накоплены огромные запасы техногенного сырья, подлежащего со временем разработке и использованию.

Результаты исследований и данные обобщения работы карьера за 40-летний период особенно актуальны и полезны при разработке в настоящее время восточного участка месторождения (Восточный Расвумчорр), где предстоит вести отвалообразование в нагорной и равнинно-глубинной частях карьера. Они могут быть полезны и при разработке нагорного Удоканского месторождения, а также других карьеров северных широт.

Автор благодарен коллегам и специалистам ОАО «Апатит», особенно рудника «Центральный», за помощь при решении поставленных научно-исследовательских задач и их практическую реализацию.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
----------------	---

Глава 1

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОГО И ЭФФЕКТИВНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТВАЛОВ В УСЛОВИЯХ НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	7
---	---

1.1. Особенности отвалообразования на высокогорных карьерах различных климатических зон и широт	9
1.2. Современное состояние исследований по выбору место- положения отвалов относительно контура карьера	14
1.3. Влияние различных факторов на устойчивость отвалов в гористой местности (анализ опыта отвалообразования в гористой местности)	23
1.4. Принципы управления отвалообразованием на карьерах и способы отвалообразования	32
1.5. Расчетные схемы устойчивости откосов высоких отвалов	36
1.6. Выводы по обзору источников и постановка задач исследований	40

Глава 2

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ И МЕХАНИЗМОВ ДЕФОРМАЦИЙ ОБРУШЕНИЙ ОТВАЛОВ СО СКЛОНОВ	45
---	----

2.1. Изучение условий и особенностей эксплуатации высоких отвалов в Заполярье	47
2.2. Влияние комплекса факторов на показатели свойств породного материала со снегом (льдом) и их изменения во времени	55
2.2.1. Общие положения и методика определения свойств снежно (льдо)-породного конгломерата	55
2.2.2. Уплотнение породных (рудных) фракций со снегом и влагой при уплотняющих нагрузках	65
2.2.3. Изменение сцепления породной (рудной) массы при ее смерзании	71
2.2.4. Сопротивление заснеженного и влажного породного материала сдвиговым усилиям при влиянии комплекса факторов	77
2.2.5. О видах моделей сопротивляемости снежно-каменного материала сдвиговым нагрузкам	89

2.2.6. Определение свойств крупноразмерных кусков породы на сдвиг	94
2.2.7. Снижение прочностных свойств породной массы при насыщении ее водой	101
2.3. Изменение прочностных и деформационных характеристик пород отвалов на склонах гор во времени	104
2.3.1. Роль тепло- и массопереноса в породах отвалов при выявлении механизма их деформации и обрушения	109
2.3.2. Стадии состояния породного отвала и последовательность их перехода в текучее состояние	123

Глава 3

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТВАЛОВ НА СКЛОНАХ	129
3.1. Развитие теории отвалообразования на склонах	131
3.2. Методические основы применения новых схем отвалообразования на нагорных карьерах Севера	154
3.3. Научно-методическое обоснование выбора эффективных схем размещения отвалов на склонах	162
3.3.1. Выбор местоположения основного и временных отвалов относительно контура карьера	177
3.3.2. Размещение вскрышных пород в отвалы на начальном этапе работы крупного нагорного карьера	183
3.3.3. Временное складирование вскрышных пород в контурах карьера	190
3.3.4. Временные отвалы на склонах как способ снижения плеча откатки при пуске карьера в эксплуатацию	193
3.3.5. Временные отвалы с самотранспортировкой пород за границы карьера	195

Глава 4

ФОРМИРОВАНИЕ ОТВАЛОВ С УЧЕТОМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЕМ НА СКЛОНАХ	201
---	-----

4.1. Принципы и способы формирования отвалов на склонах	203
4.1.1. Формирование отвалов на горных склонах с исключением их обрушений	214
	341

4.1.2. Совершенствование технологии и эффективности отвалообразования в условиях нагорных карьеров Севера	222
4.2. Эффективные способы управления отвалообразованием на склонах	228
4.2.1. Способ обеспечения устойчивого отвалообразования в сложных климатических и гидрогеологических условиях высокогорья	234
4.2.2. Принципы управляемого деформирования отвалов	239
4.2.3. Роль эколого-экономического критерия при определении эффективности отвалообразования на склонах	251
4.2.4. Технологические свойства нового способа отвалообразования на горных склонах и их учет в существующих классификациях отвалов на карьерах	256

Глава 5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКИХ ОТВАЛОВ НА СКЛОНАХ С УЧЕТОМ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ ВО ВРЕМЕНИ	265
---	-----

5.1. Учет особенностей деформаций пород отвалов при определении их параметров	267
5.2. Новый расчетный метод определения параметров высоких отвалов	273

Глава 6

ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ И ТЕХНОЛОГИИ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНОЙ И ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КАРЬЕРОВ СЕВЕРА	279
--	-----

6.1. Общие вопросы	281
6.2. Обоснование рационального местоположения отвалов на высокогорном карьере рудника «Центральный»	287
6.3. Повышение эффективности отвалообразования при создании высокого отвала на Коашвинском карьере с помощью циклично-поточной технологии	290
6.4. Размещение отвалов вскрышных пород на Ньоркпахкском карьере с учетом безопасности отвалообразования и экологических требований	298
6.5. Применение рекомендуемой технологии отвалообразования на других карьерах	303

Глава 7

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ МЕРЗЛЫХ ПОРОД В ОТВАЛАХ	305
7.1. Климатическая и горно-геологическая характеристики объектов наблюдений	307
7.2. Определение заснеженности (льдистости) мерзлой отвальной массы и оценка ее прочностного состояния	310
7.3. Опыт разработки мерзлой вскрыши на руднике «Центральный»	312
7.4. Технология рыхления отвалов и транспортировки руд по перепускным стволам	317
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	328
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	331