

**А.В. РАШКИН  
П.Б. АДДЕЕВ  
Ю.В. СУББОТИН**

**ТЕПЛОВАЯ  
И ВОДНАЯ ПОДГОТОВКА  
ГОРНЫХ ПОРОД  
ПРИ РАЗРАБОТКЕ  
МЕРЗЛЫХ  
РОССЫПЕЙ**

**МОСКВА  
♦  
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»  
♦  
2007**

**ОСВОЕНИЕ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**



УДК 622.271:624.139  
ББК 33.2  
Р 28

*Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124—94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей № 77.99.60.953.Д.008501.07.07*

#### **Рецензенты:**

- д-р техн. наук, проф. *В.П. Дробаденко* (Московский государственный геологоразведочный университет);
- д-р техн. наук, проф. *Б.Л. Тальгамер* (Иркутский государственный технический университет)

**Рашкин А.В., Авдеев П.Б., Субботин Ю.В.**

Р 28 Тепловая и водная подготовка горных пород при разработке мерзлых россыпей. — М.: Издательство «Горная книга», 2007. — 352 с.: ил. (ОСВОЕНИЕ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ)  
ISBN 978-5-98672-077-7 (в пер.)

Рассмотрены основные направления водно-тепловой подготовки массива горных пород путем совершенствования способов оттаивания, предохранения от промерзания горных пород и очистки сточных вод при разработке мерзлых россыпных месторождений. В натурных условиях выявлены закономерности солнечно-радиационного оттаивания. Приведены методы расчета теплотехнических параметров технологий оттаивания пород: солнечно-радиационного, взрывогидравлического и фильтрационно-дренажного с механическим рыхлением. Описана технология предохранения дражных полигонов от промерзания посредством затопления водой с применением противифльтрационных средств на основе полимерных пленок и экологически чистой химической коагуляции гидротехнических сооружений. Изложены эколого-экономические результаты внедрения технологии тепловой и водной подготовки горных пород на горно-добывающих предприятиях Восточной Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока.

Для мерзлотоведов — научных работников и горных инженеров. Может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам горных вузов и факультетов.

Табл. 52, ил. 108, список лит. — 141 назв.

*Допечатка тиража.*

УДК 622.271:624.139  
ББК 33.2

ISBN 978-5-98672-077-7

© А.В. Рашкин, П.Б. Авдеев,  
Ю.В. Субботин, 2007  
© Издательство «Горная книга»,  
2007  
© Дизайн книги. Издательство  
МГТУ, 2007

Повышение эффективности горно-добывающей промышленности ориентировано на прогрессивные технологии, рациональное использование минерально-сырьевой базы, природных, материальных и трудовых ресурсов страны.

В цветной металлургии – одной из важнейших базовых отраслей промышленности – особое место занимает добыча из россыпных месторождений золота, платины, алмазов, олова, титана, редких металлов и других ценных компонентов, значение которых устойчиво возрастает в связи с широким использованием их в электротехнике, машиностроении, приборостроении, радиоэлектронике, авиационной, ракетной и космической технике.

По количеству добываемого золота Россия входит в первую десятку стран мира. В структуре разведанных и прогнозных запасов в россыпных месторождениях золота и алмазов значительное место занимают запасы, разработка которых эффективна высокопроизводительным дражным способом. Россия обладает крупным дражным флотом, оснащенным электрическими драгами с глубиной черпания до 50 м и вместимостью черпаков 50...600 л. По своим потенциальным возможностям и состоянию сырьевой базы дражный способ в ближайшие годы останется основным при разработке россыпей (Бакакин, 1958).

Почти все дражные запасы находятся в суровых климатических условиях Сибири и Дальнего Востока, сочетающихся с повсеместным распространением сезонно- и многолетнемерзлых пород.

Характеристика прироста запасов за счет вторичной переработки техногенных россыпей показывает, что объем мерзлых пород на дражных полигонах будет увеличиваться. Важнейшая особенность мерзлых пород – высокая энергоемкость разупрочнения, достигающая 200 МДж/м<sup>3</sup>. Поэтому с увеличением объемов переработки мерзлых пород возрастает значение подготовительных работ и в первую очередь работ по оттаиванию и предохранению пород от промерзания, которые оказывают решающее влияние на технико-экономические показатели: годовая производительность драги изменяется в 3–4 раза, потери металла в недрах и при промывке пес-

ков, а также разубоживание – в 2–3 раза, себестоимость добычи металла – в 2–3 раза.

В зависимости от мощности мерзлых пород и их свойств, применяемой техники и технологии подготовки дражных полигонов затраты на подготовительные работы, включая вскрышу торфов, оттаивание и предохранение от промерзания, изменяются в десятки раз, достигая, а в некоторых случаях превосходя затраты на драгирование песков. При разработке мелких и неглубоких россыпей с глубиной залегания до 4...8 м, содержащих без учета техногенных россыпей 45...50 % дражных запасов, особое значение имеет оптимальное соотношение объемов работ по вскрыше торфов, оттаиванию торфов и песков и предохранению от промерзания, которые должны быть четко увязаны во времени и пространстве. Практика показывает, что простого увеличения количества и единичной мощности вскрышной техники и объемов вскрыши торфов недостаточно для нормативного обеспечения драги готовыми к выемке запасами. Не удастся также существенно повысить годовую производительность драги и снизить себестоимость добычи металла за счет ускорения оттаивания пород без применения экономичной и надежной технологии предохранения пород от промерзания.

Высокая энергоемкость оттаивания и предохранения от промерзания пород практически полностью исключают возможность использования в ближайшие годы искусственных источников энергии или других способов разупрочнения пород. Поэтому дальнейшее повышение эффективности дражного флота зависит от решения проблемы совершенствования технологии оттаивания и предохранения от промерзания пород на основе использования природных энергетических ресурсов.

Важное значение при разработке мерзлых россыпей имеет водоснабжение, водоотведение и очистка сточных и оборотных вод от загрязняющих веществ – взвесей, нефтепродуктов и токсичных соединений тяжелых металлов. Суммарные затраты на охрану окружающей природной среды на дражных и гидромеханизированных разработках россыпей значительны и в среднем достигают 25 % от общей суммы затрат на добычу и промывку. Несмотря на то, что расчетный ущерб от загрязнения окружающей природной среды, включая компенсационные выплаты на его погашение, составляет всего

0,3...0,7 % от суммарных затрат на разработку месторождения, а доля ущерба от загрязнения поверхностных и подземных вод – 0,009... 0,072 % (из анализа рабочих проектов), охрана поверхностных и подземных вод остается одной из наиболее актуальных проблем. Степень очистки промышленных стоков в целом не соответствует современным требованиям природоохранного законодательства.

Из всего многообразия применяемых способов очистки сточных вод наибольшее распространение получили механические и физико-химические. Однако физико-химические способы, основанные на применении отечественных и зарубежных коагулянтов и флокулянтов не в полной мере отвечают требованиям экологической безопасности. Их применение приводит к определенному загрязнению водотоков химическими реагентами.

Для повышения эффективности и экологической безопасности дражных и гидромеханизированных разработок россыпей необходимы научные исследования по совершенствованию существующих технологий ведения горно-подготовительных работ на основе использования природных энергетических ресурсов, а также технологических решений по охране водотоков от загрязнения путем внедрения новых экологически безопасных способов и устройств по очистке сточных и оборотных вод.

Настоящая работа посвящается решению этих важных научно-практических проблем.

Большой объем экспериментальных исследований и их практическая реализация и внедрение в промышленности, естественно, не могли быть выполнены без участия в производстве работ и обсуждении полученных результатов коллективов сотрудников лабораторий разработки россыпей и горной теплофизики института Ирригиредмета и кафедр Открытых горных работ Читинского государственного университета, Разработки россыпных месторождений Московского геологоразведочного института. Авторы плодотворно работали в течение ряда лет с Е.Т. Жученко, Ю.М. Ведяевым, Н.Г. Шуваловым, Н.В. Петровичем, В.Г. Пятаковым, О.П. Домеником, Л.А. Липиной, И.И. Белоусовым, М.В. Костроминым, В.С. Абалковым, К.И. Карасевым, Е.И. Комаровым, Ю.М. Овешниковым, С.Г. Позлутко, И.И. Железняком, В.М. Герасимовым и выражают им глубокую благодарность за критические замечания при работе над рукописью этой книги.

Предисловие .....	3
<b>Глава 1. Опыт подготовки мерзлых пород к разработке .....</b>	<b>6</b>
1.1. Разработка мерзлых россыпей дражным способом .....	6
1.2. Опыт оттаивания мерзлых горных пород .....	15
1.3. Опыт предохранения горных пород от промерзания .....	26
<b>Глава 2. Характеристика природных условий и физических свойств горных пород россыпных месторождений .....</b>	<b>40</b>
2.1. Основные факторы формирования теплового режима горных пород .....	40
2.2. Краткая характеристика климата .....	41
2.3. Физические свойства горных пород .....	44
2.4. Горно-геологическая характеристика россыпей (на примере месторождений Забайкалья) .....	57
<b>Глава 3. Оттаивание горных пород в естественных природных условиях .....</b>	<b>68</b>
3.1. Методика полевых теплобалансовых исследований .....	68
3.2. Температурный режим .....	81
3.3. Структура теплового баланса поверхности оттаивающих горных пород .....	88
3.4. Анализ результатов исследований оттаивания горных пород в естественных условиях .....	108
<b>Глава 4. Влияние пленочных покрытий на оттаивание мерзлых пород .....</b>	<b>117</b>
4.1. Характеристика прозрачных пленочных материалов .....	117
4.2. Методика теплобалансовых и температурных исследований при оттаивании пород с применением прозрачных пленок .....	120
4.3. Влияние пленочных покрытий на влажностный режим и теплофизические свойства горных пород .....	122
4.4. Структура теплового баланса .....	143
4.4.1. Альbedo и прозрачность пленочного покрытия в коротко- и длинноволновом спектрах излучения .....	143
4.4.2. Радиационный баланс .....	147
4.4.3. Тепловой поток в массив горных пород .....	151
4.4.4. Перенос тепла конвекцией и водяным паром .....	154
4.5. Динамика оттаивания и температурный режим горных пород с прозрачным покрытием .....	158
4.6. Анализ результатов исследований солнечно-радиационного оттаивания горных пород .....	162
<b>Глава 5. Расчет теплотехнических параметров оттаивания мерзлых горных пород .....</b>	<b>173</b>
5.1. Методы решения задачи оттаивания – промерзания горных пород ...	173
5.2. Расчет глубины естественного сезонного оттаивания .....	177
5.3. Оттаивание с использованием пленочных покрытий .....	178
5.4. Расчет параметров взрывогидравлического оттаивания горных пород .....	181

5.5. Расчет параметров фильтрационно-дренажного оттаивания с механическим рыхлением горных пород .....	193
<b>Глава 6. Предохранение дражных полигонов от промерзания затоплением водой .....</b>	<b>201</b>
6.1. Характеристика способов противofильтрационной защиты гидротехнических сооружений .....	201
6.2. Методика полевых и лабораторных исследований .....	208
6.3. Противofильтрационные устройства из пленочных материалов .....	212
6.4. Противofильтрационная эффективность химической колюматации горных пород .....	218
6.5. Формулировка задачи для оценки эффективности технологии предохранения дражных полигонов от промерзания затоплением .....	231
6.6. Параметры предохранения пород от промерзания при мерзлых основаниях ГТС .....	234
6.7. Параметры предохранения пород от промерзания при талых основаниях плотин и мерзлых основаниях дамб .....	241
6.8. Параметры предохранения пород от промерзания при талых основаниях плотин и дамб .....	248
<b>Глава 7. Технология подготовительных работ на основе водно-тепловой мелиорации горных пород .....</b>	<b>252</b>
7.1. Структурные особенности технологических схем горно-подготовительных работ .....	252
7.2. Технологические параметры горно-подготовительных работ .....	253
7.3. Методика расчета нормативов готовых и подготовленных запасов ...	268
7.4. Опыт применения технологии солнечно-радиационного оттаивания мерзлых горных пород с предохранением от промерзания затоплением .....	273
<b>Глава 8. Очистка сточных и оборотных вод при гидромеханизированной разработке россыпных месторождений .....</b>	<b>288</b>
8.1. Гидромеханизированная разработка россыпей Забайкалья .....	288
8.2. Водоснабжение, водоотведение и очистка сточных вод .....	294
8.3. Очистка технологической воды и промышленных стоков при разработке россыпей .....	302
8.4. Исследование геотекстильных волокнистых материалов при очистке сточных вод .....	313
8.5. Промышленное внедрение технологии очистки сточных вод с применением геотекстильных материалов .....	320
8.6. Эколого-экономическая эффективность применения геотекстильных фильтров в технологии очистки сточных вод .....	329
<b>Заключение .....</b>	<b>335</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>343</b>