

В.Ж. Аренс
Н.И. Бабичев
А.Д. Башкатов
О.М. Гридин
А.С. Хрулев
Г.Х. Хчеян

СКВАЖИННАЯ ГИДРОДОБЫЧА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Допущено Учебно-методическим
объединением вузов Российской Федерации
по образованию в области горного дела
в качестве учебного пособия для студентов
вузов, обучающихся по специальности
«Подземная разработка месторождений
полезных ископаемых» направления
подготовки «Горное дело»*

Издание 2-е, стереотипное

**Горное
образование**



МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»
2011

УДК 622.227:622.232.5

ББК 33.24

А 80

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 Федерального служб по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 77.99.60.953.Д.014367.12.10

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением высших учебных заведений РФ по образованию в области горного дела (письмо № 51-156/6 от 28.12.2006)

Рецензенты:

- зав. кафедрой «Безопасность производств и разрушение горных пород» д-р техн. наук, проф. *Ю.В. Шувалов* [Санкт-Петербургский государственный горный институт (Технический университет)];
- д-р техн. наук *Н.Н. Дербунович* (ФГУП ГИГХС);
- д-р техн. наук, проф. *В.В. Мельник* (Московский государственный горный университет)

А 80 Аренс В.Ж., Бабичев Н.И., Башкатов А.Д., Гридин О.М., Хрулев А.С., Хчеян Г.Х.

Скважинная гидродобыча полезных ископаемых: Учеб. пособие. — 2-е изд., стер. — М.: Издательство «Горная книга», 2011. — 295 с.: ил.

ISBN 978-5-98672-264-1 (в пер.)

Описано состояние проблемы разработки месторождений полезных ископаемых через скважины с использованием гидравлических технологий. Рассмотрены научно-технические, геологические, экономические аспекты скважинной гидродобычи. Освещен имеющийся опыт использования новой технологии.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» направления подготовки «Горное дело», может быть полезно студентам и аспирантам.

УДК 622.227:622.232.5

ББК 33.24

ISBN 978-5-98672-264-1



9 785986 722641

- © В.Ж. Аренс, Н.И. Бабичев, А.Д. Башкатов, О.М. Гридин, А.С. Хрулев, Г.Х. Хчеян, 2007, 2011
- © Издательство «Горная книга», 2011
- © Дизайн книги. Издательство «Горная книга», 2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

Нас шесть авторов. Естественно, что каждый шел к написанию этого пособия для студентов и аспирантов своим путем, работая в НИИ, преподавая в ВУЗе, занимаясь бизнесом. Изложенные в книге идеи и знания формировались у нас на протяжении многих лет.

Мы считаем, что авторы в равной степени ответственны за каждое слово в этой работе, так как писалась она совместно. Каждый делал набросок порученного ему раздела книги и передавал его другим авторам, которые что-то добавляли, сокращали или изменяли. Поэтому текст книги неоднократно переписывался, и каждый может утверждать, что именно он автор того или иного раздела.

Почему мы взялись за эту книгу? Много лет ведутся работы по скважинной гидродобыче (СГД), но широкого промышленного внедрения новая технология до сих пор не получила. В то же время повышение производительности труда в горной промышленности возможно только на базе создания принципиально новых технологий добычи полезных ископаемых, основанных на комплексной механизации и автоматизации всех трудоемких работ, обеспечивающих кардинальное решение проблемы безопасности горных работ. Это может быть достигнуто на базе научных исследований по преобразованию многооперационных процессов в малооперационные с автономным автоматическим управлением и с выводом людей на поверхность. Поэтому применение гидротехнологий перспективно.

Понятие «гидравлический метод добычи» объединяет комплекс работ, производимых с использованием воды для отбойки, доставки, подъема и обогащения полезного ископаемого. В настоящее время он используется на открытых и подземных горных работах и при производстве земляных работ (при строительстве плотин и каналов).

Целью настоящей работы является обобщение накопленного опыта СГД и знаний в смежных областях гидромеханики, чтобы студенты, аспиранты и инженеры могли их использовать при решении вопросов разработки конкретных месторождений полезных ископаемых. Книга дает представление о СГД как о системе и позволяет всесторонне представить проблемы технологии и решать их на практике.

С незапамятных времен в горном деле вода использовалась для выполнения отдельных операций. Само горное дело возникло в примитивной форме как собирание самородных металлов по руслам рек, то есть там, где вода уже потрудились, выломав и частично обработав полезные ископаемые. Известно, что еще задолго до нашей эры в Ассирии золото добывалось по течению реки Тигр. Римляне добывали серебро и золото в Испании по долинам рек Тахо и Дурро. Затем воду начали применять при обогащении (промывке золотоносных песков). В средние века воду начинают использовать для транспортировки полезных ископаемых, о чем пишет Агрикола (Героргий Бауэр) в энциклопедии горного дела и металлургии.

В начале XXIII века М. Карпинский, а затем М.А. Шестак, К.А. Кулибин, И.М. Тиме описывают в Горном журнале использование гидромонитора («носовка», «водобой», «брызгало») как главное орудие гидравлических разработок золотоносных россыпей. В конце века для этого, наряду с гидромонитором, уже использовали гидроэлеватор.

Основы теории гидравлического способа разработки залежи разработал П.П. Мельников, дав методы расчета насадок, ударной силы струи, высоты фонтанов и др. Работы П.П. Мельникова, К.А. Кулибина, И.М. Тиме, В. Реутовского, М.А. Шостака и других создали инженерные основы гидромеханизации.

В XX веке Р.Э. Классен применял гидравлический способ для добычи торфа. Профессор Н.Д. Холин использовал метод гидромеханизации при строительстве канала им. Москвы. Профессор Г.А. Нурук впервые в мировой практике применил гидромеханизацию в Кузбассе при температуре -30 — 40° С. Профессор В.С. Мучник (автор подземной гидродобычи угля) создал гидравлический комплекс, включавший в себя технологии отбойки, транспорта, подъема и обогащения угля.

Нефтяники при разработке залежей в конце XIX века использовали эрлифт. Его эффективно применяли в Донбассе для подъема угля и пород с глубины до 1000 м. В горно-рудной промышленности гидроподъем использовали для подъема руд (объемный вес $3,5 \text{ т/м}^3$) с глубины 396 м на руднике «Белкина-Вентиляционная» в Лениногорске. По данным Н. И Казакова производительность установки 60 т/ч. На рудниках Приморья при зачистке камер для сокращения потерь ценных руд использовали гидромониторную струю. На зарубежных рудниках Германии, Канады, США осуществляли гидродобычу песчаников, гильсонита, руды.

Все это натолкнуло исследователей разных стран на мысль использовать гидротехнологию для добычи полезных ископаемых через скважины.

У СГД большое будущее и цель нашей книги — помочь будущим и действующим специалистам в исследованиях этого метода, расчете его параметров в различных условиях и использовании на практике.

Сегодня стремление к эффективным методам разработки полезных ископаемых особенно актуально, будь то нефть, уголь, цветные и черные металлы или золото. Само собой разумеется, что прорыв к глобальной замене всех методов разработки на СГД не стоит на повестке дня, но разработку новых геотехнологических методов не следует недооценивать. И то влияние, которое они могут оказать на мышление специалистов горняков и на горное производство огромно.

Мы на доступном языке дали основные понятия СГД, привели многочисленные примеры того, что уже сделано, а так же методики расчетов параметров технологических процессов скважинной гидродобычи.

Книга написана в период, когда научные исследования по многим революционным процессам разработки полезных ископаемых практически прекращены. Но, без сомнения, сегодня горной промышленности нужны новые технологии, которые обеспечат экологичную, экономную и безопасную разработку месторождений полезных ископаемых в будущем.

В. Арнс

Р. С.: В приложении помещены: Список авторских свидетельств по СГД, и статьи по оборудованию СГД.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ГЛАВА I.....	6
1. Проблемы скважинной гидродобычи полезных ископаемых .	6
1.1. Способ скважинной гидродобычи полезных ископаемых.	
Основные понятия и представления.....	6
1.2. Технологические процессы при скважинной гидродобыче...	9
1.3. Варианты реализации метода СГД.....	14
1.4. Состояние работ по скважинной гидродобыче	35
1.5. Научные и инженерные задачи применения СГД	63
1.6. Методология прогнозирования параметров СГД	66
ГЛАВА II	69
2. Физико-геологические вопросы	
разработки месторождений способом СГД.....	69
2.1. Факторы, определяющие возможность применения	
способа СГД.....	69
2.2. Влияние основных физико-геологических характеристик	
месторождения на технологию и оборудование СГД	70
2.3. Особенности инженерно-геологических изысканий	
и геологического обслуживания предприятия СГД	72
2.4. Минеральная база СГД.....	73
ГЛАВА III.....	80
3. Основные технологические процессы	
скважинной гидродобычи	80
3.1. Вскрытие и подготовка руды при СГД.....	80
3.2. Гидравлическое разрушение руды и ее доставка.....	83
3.2.1. Гидромониторная струя	86
3.2.2. Параметры гидромониторного разрушения.....	88
3.2.3. Доставка разрушенных горных пород при СГД.....	100
3.3. Подъем на поверхность горных пород при СГД.....	106
3.3.1. Гидравлическое всасывание руды	109
3.3.2. Эрлифтный подъем руды при СГД.....	114
3.3.3. Гидроэлеваторный подъем	118
3.3.4. Землесос.....	122
3.4. Управление горным давлением	124
3.5. Методики оптимизации параметров процесса скважинной	
гидродобычи на стадии создания предприятия	133

ГЛАВА IV	137
4. Технология и техника сооружения скважин гидродобычи	137
4.1. Типы и назначение скважин гидродобычи	137
4.1.1. Бурение наклонных и направленных скважин	138
4.2. Конструкции скважин	139
4.3. Обсадные колонны	141
4.4. Технология проходки скважин гидродобычи	
Горно-геологические условия	149
4.5. Современные буровые установки	168
ГЛАВА V	178
5. Экономические аспекты разработки месторождений	
методом СГД	178
5.1. Выбор метода разработки месторождения	178
5.2. Производительность труда при СГД	181
5.3. Анализ некоторых экономических вопросов,	
связанных со вскрытием месторождения	184
5.4. Анализ экономических показателей разработки	
месторождения	187
ГЛАВА VI	193
6. Основы проектирования разработки месторождений	
методом СГД	193
6.1. Задачи и особенности проектирования разработки	
месторождений методом СГД	193
6.2. Исходные данные (регламент) для проектирования	195
6.3. Подготовка и вскрытие месторождения	200
6.4. Выбор конструкции добычных скважин	202
6.5. Технология добычи	203
6.6. Система разработки и сетка расположения скважин	204
6.7. Расчет параметров гидродобычных камер	
и межкамерных целиков	212
6.8. Извлечение руды при СГД	219
6.9. Выбор основного оборудования для предприятий СГД	221
6.10. Освоение проектной мощности рудника СГД	222
Глава VII	226
7. Методики инженерного расчета технологических процессов	
выемки при СГД	226
7.1. Общая методика выбора параметров технологии СГД	226
7.2. Расчет параметров гидромониторного разрушения	228
7.3. Расчет параметров доставки пород в камере	229
7.4. Расчет параметров подъема гидросмеси	230

7.5. Расчет параметров системы разработки	233
7.6. Методики расчета параметров выемки при разработке мерзлых погребенных россыпей способом СГД	233
7.7. Пример расчета параметров технологии и технических средств скважинной гидродобычи титано-цирконовых песков	237

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	253
---------------------------------------	------------

ПРИЛОЖЕНИЯ	256
-------------------------	------------

1. Список авторских свидетельств по СГД	256
2. «Разработка и испытание добычных агрегатов для скважинной гидродобычи фосфоритных руд»	265
3. «Результаты испытания оборудования для скважинной гидродобычи полезных ископаемых»	270
4. «Исследование напряженного состояния массива при разработке месторождений методом скважинной гидродобычи»	279
5. «Интенсификация работы скважин водоснабжения, газо- и нефтедобычи с использованием скважинной гидротехнологии»	283
Увеличение дебита скважин водоснабжения	284
Интенсификация добычи газа	287
Интенсификация добычи нефти	289
Ускорение строительства подземных хранилищ для жидких нефтепродуктов и газоконденсата	291