

В.Г. Язиков

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ  
ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РУД  
И ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ГИДРОГЕННОГО ТИПА,  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА РАБОТ  
ПРИ ПОДЗЕМНОМ СКВАЖИННОМ  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ МЕТАЛЛОВ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

**В.Г. Язиков**

**ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ  
ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РУД  
И ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ГИДРОГЕННОГО ТИПА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
КОМПЛЕКСА РАБОТ ПРИ ПОДЗЕМНОМ  
СКВАЖИННОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ МЕТАЛЛОВ**

*Рекомендовано в качестве учебного пособия  
Редакционно-издательским советом  
Томского политехнического университета*

Издательство  
Томского политехнического университета  
2014

УДК 553.495:550.8+662.349(075.8)

ББК 26.341.5+33.333я73

Я40

**Язиков В.Г.**

Я40 Особенности изучения геотехнических свойств руд и геотехнологических условий урановых месторождений гидрогенного типа. Проектирование комплекса работ при подземном скважинном выщелачивании металлов: учебное пособие / В.Г. Язиков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 213 с.

В пособии приведены основные понятия, термины гидрогеологических и инженерно-геологических работ при освоении инфильтрационных (гидрогенных) месторождений урана. Изложена методика гидрогеологических работ, выполняемых на стадии подготовки эксплуатационных блоков и непосредственно эксплуатации месторождений урана.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 020700 «Геология», и магистров, обучающихся по направлению 020700 «Геология», профиль «Геология месторождений радиоактивного сырья», а также для круга читателей, занимающихся изучением месторождений урана.

УДК 553.495:550.8+662.349(075.8)

ББК 26.341.5+33.333я73

#### *Рецензенты*

Доктор геолого-минералогических наук заведующий отделом геологии урановых месторождений и радиоэкологии ВСЕГЕИ  
*Ю.Б. Миронов*

Доктор технических наук, профессор,  
академик Национальной АН и АМР Республики Казахстан  
*Е.И. Рогов*

Кандидат геолого-минералогических наук  
главный геотехнолог УГРР ЗАО «РУСБУРМАШ»  
*А.А. Руденко*

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2014

© Язиков В.Г., 2014

© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2014

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>6</b>
<b>1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ.....</b>	<b>14</b>
1.1. Понятия и термины, относящиеся к геотехнологии и геотехнологическим методам добычи полезных ископаемых.....	14
<b>2. ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРОГЕННЫХ (ПЛАСТОВО-ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ) МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА .....</b>	<b>20</b>
2.1. Основные геотехнологические свойства руд и геотехнологические условия гидрогенных урановых месторождений.....	20
2.1.1. Геотехнологические свойства руд.....	21
2.1.2. Геотехнологические условия месторождений.....	28
2.2. Геотехнологическая классификация гидрогенных (пластово-инфильтрационных) месторождений урана.....	34
2.2.1. Математическая модель типизации гидрогенных (пластово-инфильтрационных) месторождений урана или их участков.....	35
<b>3. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ПОДЗЕМНЫМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕМ .....</b>	<b>41</b>
3.1. Физико-химические основы подземного выщелачивания.....	41
3.2. Основные закономерности отработки месторождений скважинными системами подземного выщелачивания .....	47
<b>4. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РУД И ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ..</b>	<b>73</b>
4.1. Стадийность геотехнологических исследований и принципы размещения наблюдений.....	74
4.2. Лабораторные геотехнические испытания руд.....	76
4.2.1. Выщелачивание в статических условиях.....	80
4.2.2. Лабораторные испытания в фильтрационных колонках.....	81
4.2.3. Обработка результатов лабораторных испытаний.....	90

4.2.4. Испытания образцов руд с ненарушенной структурой (монолитов).....	95
4.2.5. Погрешности результатов лабораторных испытаний руд.....	97
4.3. Опытное геотехнологическое опробование в натуральных условиях.....	100
4.3.1. Опытное геотехнологическое опробование при проведении двухскважинного опыта.....	102
4.3.2. Опытно-промышленные геотехнологические испытания.....	114
4.3.3. Интерпретация опытных данных и оценка геотехнологических условий месторождений.....	138
<b>5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА РАБОТ ПРИ ПСВ УРАНА .....</b>	<b>145</b>
5.1. Классификация работ по ПСВ .....	145
5.1.1. Геологоразведочные работы.....	145
5.1.2. Эксплуатационно-разведочные работы.....	145
5.1.3. Горно-капитальные работы.....	147
5.1.4. Горно-подготовительные работы.....	148
5.1.5. Ремонтно-восстановительные работы на полигонах .....	148
5.2. Проектирование геологоразведочных работ.....	148
5.3. Проектирование горно-эксплуатационных работ.....	151
5.4. Математическое моделирование подземного скважинного выщелачивания металлов.....	155
5.4.1. Известные работы по теории гидродинамических расчетов сети технологических скважин.....	155
5.4.2. Известные работы по теории кинетики процесса подземного скважинного выщелачивания металлов и расхода реагентов.....	161
5.4.3. О средней скорости плоскорадиальной фильтрации раствора в продуктивном пласте по любой линии тока.....	163
5.5. Модели фильтрации растворов при подземном скважинном выщелачивании металлов.....	165
5.5.1. О векторном поле скорости фильтрации раствора для плоскорадиального неограниченного потока в продуктивном горизонте.....	165

5.5.2. Построение математических моделей для оптимизации схем и параметров расположения откачных и закачных скважин при ПСВ урана .....	168
5.5.3. Метод построения и реализации оптимизационных моделей.....	172
5.5.4. Об устойчивости оптимальных решений при обосновании параметров схем расположения технологических скважин при добыче урана способом ПСВ.....	178
5.5.5. Примеры решения задач при ПСВ металлов.....	180
5.6. Эксплуатационные работы.....	186
5.6.1. Схема циркуляции растворов в процессе подземного выщелачивания.....	186
5.6.2. Отработка эксплуатационных блоков способом ПСВ.....	187
5.6.2.1. Подготовка блоков к добыче.....	187
5.6.2.2. Отработка блоков .....	191
5.6.2.3. Доработка эксплуатационного блока.....	193
5.6.2.4. Период отключения (погашения) блоков с выводом их из цикла ПСВ.....	194
5.7. Требования к геотехнологическому контролю процесса ПСВ ...	195
5.8. Планирование добычи урана на руднике ПСВ .....	198
5.9. Раствороподъем .....	200
5.10. Энерго- и воздухоснабжение .....	202
<b>6. ОХРАНА НЕДР [58] .....</b>	<b>203</b>
6.1. Контроль состояния подземных вод и поверхностных вод на полигонах подземного выщелачивания.....	203
6.1.1. Цели контроля.....	203
6.1.2. Сеть наблюдательных скважин.....	204
6.1.3. Состав стационарных наблюдений.....	205
6.1.4. Периодичность стационарных наблюдений .....	206
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>208</b>