

К.Л. Тимофеев, Г.И. Мальцев, А.Б. Лебедь

Теоретические основы и применение экстракции и сорбции на горно-металлургических предприятиях

Учебное пособие



IPR MEDIA
ИЗДАТЕЛЬСТВО



**ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
УГМК**

Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ УТМК»

К.Л. Тимофеев, Г.И. Мальцев, А.Б. Лебедь

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
И ПРИМЕНЕНИЕ
ЭКСТРАКЦИИ И СОРБЦИИ
НА ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ
ПРЕДПРИЯТИЯХ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Научный редактор — д-р техн. наук, проф. С.С. Набойченко

**Ай Пи Ар Медиа
Москва
2021**

УДК 628.3:622.3:669.053

ББК 20.18:30.69:34.315

T41

Авторы:

Тимофеев К.Л. — канд. техн. наук, начальник

технического отдела АО «Уралэлектромедь»;

Мальцев Г.И. — д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,

гл. специалист ИЦ АО «Уралэлектромедь»;

Лебедь А.Б. — д-р техн. наук, ст. науч. сотр., зав. кафедрой металлургии

НЧОУ ВО «Технический университет УГМК»

Научный редактор:

Набойченко С.С. — д-р техн. наук, проф., чл.-кор. РАН,

засл. деятель науки и техники РФ

Рецензенты:

Мамяченков С.В. — д-р техн. наук, ст. науч. сотр., зав. кафедрой

металлургии цветных металлов Уральского федерального университета

им. первого Президента России Б.Н. Ельцина;

Нафталъ М.Н. — канд. техн. наук, зам. директора

по металлургии и обогащению ООО НПП «КВАЛИТЕТ»

Тимофеев, Константин Леонидович.

T41

Теоретические основы и применение экстракции и сорбции на горно-металлургических предприятиях : учебное пособие / К.Л. Тимофеев, Г.И. Мальцев, А.Б. Лебедь ; научный редактор С.С. Набойченко. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 272 с.

ISBN 978-5-4497-0975-2

В учебном пособии приведены сведения о теоретических основах жидкостной экстракции и ионного обмена; практические расчеты основных технологических параметров указанных способов на горно-металлургических предприятиях; описание технологических схем с различными методами выделения и концентрирования ценных компонентов растворов; способы утилизации и рекуперации выделенных металлов и элементов в существующих на предприятиях технологических переделах; оригинальные результаты собственных исследований и разработок авторов издания. Дана экономическая оценка стоимости выделения и концентрирования микрокомпонентов с целью получения дополнительной товарной продукции и снижения загрязнения окружающей среды. В аналитической форме выражены регрессионные зависимости основных показателей экстракции и сорбции от физико-химических характеристик процесса обработки технологических растворов и промышленных стоков, позволяющие осуществлять анализ и оптимизацию рассматриваемого передела. В приложении представлены глоссарий основных терминов, темы рефератов и примеры технологических расчетов.

Подготовлено в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 22.03.02 и 22.04.02 «Металлургия», аспирантов и специалистов, работающих в области металлургии тяжелых цветных металлов и решающих практические задачи защиты окружающей среды от загрязнений.

ISBN 978-5-4497-0975-2

© Тимофеев К.Л., Мальцев Г.И., Лебедь А.Б., 2021

© НЧОУ ВО «Технический университет УГМК», 2021

© Оформление. ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ЭКСТРАКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	9
1.1. Основные положения жидкостной экстракции	9
1.2. Основные виды экстракционных процессов	15
1.2.1. <i>Нейтральные экстрагенты</i>	17
1.2.2. <i>Механизм экстракции нейтральными экстрагентами</i>	22
1.2.3. <i>Анионообменная экстракция</i>	25
1.2.4. <i>Катионообменная экстракция</i>	28
1.2.5. <i>Физическое распределение</i>	33
1.2.6. <i>Экстракция смесями экстрагентов</i>	34
1.3. Кинетика процессов экстракции	37
1.4. Способы осуществления экстракции	39
1.5. Жидкостные экстракторы	46
1.6. Методика расчета числа ступеней разделения	57
1.7. Технологические схемы с применением экстракции	60
1.7.1. <i>Очистка никелевого электролита от железа и меди</i>	60
1.7.2. <i>Получение никеля сернокислого повышенной чистоты</i>	63
1.7.3. <i>Извлечение меди из сернокислых растворов</i>	77
1.7.4. <i>Разделение и концентрирование циркония и гафния</i>	84
1.7.5. <i>Разделение и концентрирование ниобия и тантала</i>	91
1.7.6. <i>Очистка от мышьяка отработанного медного электролита</i>	95
1.7.7. <i>Выделение индия</i>	103
Контрольные вопросы.....	107
ГЛАВА 2. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОРЕБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	108
2.1. Основные положения ионообменных процессов	108
2.2. Характеристика основных типов ионитов	109
2.3. Типы ионообменных соединений	110
2.3.1. <i>Неорганические сорбенты</i>	110
2.3.2. <i>Сульфированные угли</i>	115
2.3.3. <i>Синтетические ионообменные полимеры</i>	121
2.4. Физико-химические свойства ионитов	133
2.5. Равновесие ионного обмена	138
2.6. Изотермы ионного обмена	139
2.7. Кинетика ионного обмена	145
2.8. Термодинамика ионного обмена	156

2.9. Сорбция в динамическом режиме	164
2.9.1. Математические модели сорбции	165
2.9.2. Извлечение меди из разбавленных растворов	169
2.9.3. Удаление <i>Cu</i> , <i>Fe</i> , <i>Zn</i> из <i>Ni</i> -содержащих растворов	173
2.9.4. Сорбция индия из <i>Zn</i> -содержащих растворов	174
2.9.5. Удаление меди и цинка из карьерных вод	176
2.9.6. Аппаратура ионообменных процессов	182
2.9.7. Математическое описание сорбционных процессов	206
2.9.8. Примеры осуществления ионообменных технологий	217
Контрольные вопросы	260
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	261
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	263
ПРИЛОЖЕНИЯ	264