

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ РАДИОАКТИВНЫХ И РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

А. Ю. Вахрушин
И. Д. Трошкина
А. А. Жеребцов



E.LANBOOK.COM

**А. Ю. ВАХРУШИН,
И. Д. ТРОШКИНА,
А. А. ЖЕРЕБЦОВ**

**ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ
В ТЕХНОЛОГИИ
РАДИОАКТИВНЫХ
И РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



ЛАНЬ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР

2024

УДК 66.03
ББК 35.36я73

В 22 Вахрушин А. Ю. Процессы и оборудование жидкостной экстракции в технологии радиоактивных и редких элементов : учебное пособие для вузов / А. Ю. Вахрушин, И. Д. Трошкина, А. А. Жеребцов. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 76 с. : вклейка (2 с.). — Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-507-48736-3

Приведены теоретические основы жидкостной экстракции, существующие методы расчета экстракционных процессов и аппаратов, рассмотрены аспекты средств контроля, автоматизации и управления экстракционными технологиями. Даны методы расчета всех трех типов основного оборудования: смесителей-отстойников, экстракционных колонн и центробежных контакторов. Дополнительно к этим трем типам рассмотрены аппараты с принудительным контактом фаз и оборудование для сверхкритической флюидной экстракции. Приведены примеры наиболее показательных экстракционных технологических процессов: переработки отработавшего ядерного топлива, получения ядерно-чистого циркония и разделения редкоземельных элементов.

Предназначается для студентов специальности «Химическая технология материалов современной энергетики». Пособие полезно аспирантам, научным и инженерно-техническим работникам, занимающимся современными технологиями неорганических материалов.

УДК 66.03
ББК 35.36я73

Рецензенты:

В. В. БЕЛОВА — доктор химических наук, ведущий научный сотрудник
Института неорганических материалов им. Н. С. Курнакова РАН;
В. И. РАЧКОВ — доктор технических наук, профессор, генеральный директор,
научный руководитель Физико-энергетического института, зав. кафедрой теплофизики
Московского инженерно-физического института, член-корреспондент РАН.

Обложка
П. И. ПОЛЯКОВА

© Издательство «Лань», 2024
© А. Ю. Вахрушин, И. Д. Трошкина,
А. А. Жеребцов, 2024
© Издательство «Лань», художественное
оформление, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Общие положения. Экстракционные равновесия и классификация экстрагентов	6
2. Моделирование экстракционных процессов	18
3. Автоматизация экстракционных процессов	24
4. Аппаратурное оформление экстракционных процессов	28
4.1. Смесительно-отстойные аппараты	34
4.2. Центробежные контакторы	36
4.3. Экстракционные колонны	39
4.4. Аппараты с принудительным разделением фаз	45
4.5. Оборудование сверхкритической флюидной экстракции	51
5. Примеры экстракционных технологий	55
5.1. Переработка смешанного нитридного уран-плутониевого топлива (проект «Прорыв»)	55
5.2. Технология очистки и разделения циркония и гафния	59
5.3. Технологии разделения редкоземельных концентратов	61
Заключение	66
Термины и определения	67
Библиографический список	72