

ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ: МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ И СОЛИ

Термическое разложение комплексных
удобрений на основе нитрата аммония



К. Г. Горбовский
А. И. Казаков



**К. Г. ГОРБОВСКИЙ,
А. И. КАЗАКОВ**

**ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ
ВЕЩЕСТВ: МИНЕРАЛЬНЫЕ
УДОБРЕНИЯ И СОЛИ
ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ
КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА ОСНОВЕ НИТРАТА АММОНИЯ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



ЛАНЬ

• САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР •
2022

УДК 66
ББК 35.20я73

Г 67 Горбовский К. Г. Технология неорганических веществ: минеральные удобрения и соли. Термическое разложение комплексных удобрений на основе нитрата аммония : учебное пособие для вузов / К. Г. Горбовский, А. И. Казаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 148 с. : ил. — Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-8114-8353-2

В представленном пособии рассмотрены результаты исследований в области термической устойчивости нитрата аммония и комплексных удобрений на его основе, выполненных за последние годы, включающие химизм получения удобрений, кинетику термического разложения нитрата аммония и его смесей и микро- и макроколичественные исследования термического разложения комплексных удобрений. Обобщены основные положения по оценке безопасности технологии получения, гранулирования и хранения данных удобрений. Систематизированы наиболее известные случаи аварий, связанных с участием нитрата аммония и удобрений на его основе, рассмотрены наиболее вероятные причины их возникновения.

Книга предназначена для научных работников, инженеров, менеджеров и студентов химических и химико-технологических вузов, а также для всех интересующихся вопросами термической устойчивости нитрата аммония и удобрений на его основе и вопросами безопасности при их получении, хранении и транспортировке.

УДК 66
ББК 35.20я73

Рецензенты:

Б. Л. КОРСУНСКИЙ — доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем химической физики Российской академии наук;

Н. В. НЕФЕДОВА — кандидат технических наук, доцент кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов Российского химико-технологического университета им. Д. И. Менделеева.

Обложка
П. И. ПОЛЯКОВА

© Издательство «Лань», 2022
© К. Г. Горбовский, А. И. Казаков, 2022
© Издательство «Лань»,
художественное оформление, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
СОКРАЩЕНИЯ.....	5
ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	6
1. ХИМИЗМ ПОЛУЧЕНИЯ НИТРАТА АММОНИЯ И КОМПЛЕКСНЫХ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЕГО ОСНОВЕ.....	8
1.1. Получение нитрата аммония	8
1.2. Получение комплексных удобрений при сернокислотном разложении фосфатного сырья.....	8
1.3. Получение комплексных удобрений при азотнокислотном разложении фосфатного сырья.....	13
1.4. Конверсия хлорида калия при получении комплексных удобрений	15
1.5. Микроэлементы в составе комплексных удобрений	17
1.5.1. Бор.....	18
1.5.2. Цинк	19
1.5.3. Марганец	20
1.5.4. Медь	21
1.5.5. Молибден	22
1.5.6. Железо	22
1.5.7. Кобальт	23
1.5.8. Йод	23
2. ПОЛИМОРФИЗМ НИТРАТА АММОНИЯ. ХИМИЗМ И КИНЕТИКА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ НИТРАТА АММОНИЯ И СМЕСЕЙ НА ЕГО ОСНОВЕ.....	24
2.1. Полиморфизм и плавление нитрата аммония	24
2.2. Термическое разложение нитрата аммония.....	26
2.3. Влияние промоторов	32
2.3.1. Кислоты.....	32
2.3.2. Хлориды.....	34
2.3.3. Катионы металлов	39
2.3.4. Органические соединения	41
2.3.5. Совместное присутствие нескольких промоторов.....	43
2.4. Влияние ингибиторов.....	45
2.4.1. Фосфаты	46
2.4.2. Сульфаты.....	49
2.4.3. Карбонаты	53
2.4.4. Карбамид.....	54
2.4.5. Фториды	56
2.5. Совместное присутствие промотора и ингибитора.....	57
3. ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ.....	59
3.1. Дигидрофосфат аммония	59
3.2. Моногидрофосфат аммония.....	61
3.3. Сульфат аммония и двойные соли с нитратом аммония.....	64
4. ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ.....	66

4.1. Микроколичественные эксперименты	66
4.1.1. Термический анализ	66
4.1.2. Гравиметрические измерения	77
4.1.3. Микрокалориметрия	81
4.2. Макроколичественные эксперименты	85
4.2.1. Самоподдерживающееся разложение	85
4.2.2. Самовоспламенение и взрывоопасность азровзвесей	92
4.2.3. Детонация	93
5. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ, ГРАНУЛИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ НИТРАТА АММОНИЯ	96
5.1. Основные положения теории теплового взрыва	96
5.2. Основные закономерности потери тепловой устойчивости	98
5.3. Требования к данным по кинетике выделения тепла	99
5.4. Реальные пути оценки безопасности	100
6. АВАРИИ, АНАЛИЗ ИХ ПРИЧИН И ВЫВОДЫ	105
6.1. Аварии на технологических установках	105
6.2. Аварии при хранении и транспортировке	113
6.2.1. Аварии, связанные с самоподдерживающимся разложением	114
6.2.2. Взрывы при хранении и транспортировке	120
6.3. Уроки, извлеченные из аварий	131
ЛИТЕРАТУРА	134