

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»

Утверждаю
Проректор по учебной работе БГТУ
_____ А.А. Сакович
_____ 2022 г.

ПРОГРАММА

Государственного экзамена по специальности 1–48 01 01 «Химическая
технология неорганических веществ, материалов и изделий»
специализации 1–48 01 01 01 «Технология минеральных удобрений,
солей и щелочей»

Минск 2022

Программа государственного экзамена составлена на основе образовательного стандарта: ОСВО 1-48 01 01-2019 Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий, утвержденного постановлением Министерства образования Республики Беларусь № 107 от 17.07.2019 г.; учебных планов, рег. № 48-1-001/пр.-уч., утв. 29.06.2018 г., рег № 48-1-014-С/пр.-уч., утв. 28.06.2019 г.; учебных программ «Технология связанного азота и азотных удобрений» (рег. № УД-1606/уч., утв. 31.12.2020 г.), «Технология комплексных и фосфорных удобрений» (рег. № УД-1735/уч., утв. 31.05.2021 г.), «Технология калийных удобрений» (рег. № УД-1737/уч., утв. 31.05.2021 г.).

СОСТАВИТЕЛИ:

Л.С. Ещенко, профессор кафедры технологии неорганических веществ и общей химической технологии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», доктор технических наук;
А.Н. Гаврилюк, доцент кафедры технологии неорганических веществ и общей химической технологии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук.

Программа рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой технологии неорганических веществ и общей химической технологии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 7 от 18.03.2022 г.).

Зав. кафедрой ТНВ и ОХТ,
канд. техн. наук

А. Ф. Минаковский

Программа одобрена и рекомендована к утверждению Советом факультета химической технологии и техники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 7 от 22.03.2022 г.).

Председатель Совета факультета

Ю. А. Климош

Пояснительная записка

В соответствии с образовательным стандартом высшего образования ОСВО 1-48 01 01-2019 по специальности «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» итоговая государственная аттестация студентов проводится в виде государственного экзамена по специальности (специализации) и защиты дипломной работы (проекта) в государственной экзаменационной комиссии.

Государственный экзамен проводится после завершения теоретического и практического обучения и выполнения студентами учебного плана и учебных программ.

Цель проведения государственного экзамена – оценка соответствия уровня подготовки студентов требованиям к профессиональным компетенциям, предъявляемым образовательным стандартом высшего образования специальности 1–48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» специализации 1–48 01 01 01 «Технология минеральных удобрений, солей и щелочей», и готовности студентов к выполнению дипломного проекта.

Программа государственного экзамена базируется на основополагающих дисциплинах, выражающих главное содержание вузовской подготовки по специальности 1–48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» специализации 1–48 01 01 01 «Технология минеральных удобрений, солей и щелочей» и определяющих формирование следующих компетенций:

- СК-19. Знать физико-химические основы, современные технологии производств аммиака, азотной кислоты, азотных, калийных, фосфорных и комплексных удобрений, владеть приемами выбора и обоснования технологического режима, уметь разрабатывать технологические схемы, выполнять технологические расчеты.

Список дисциплин, вынесенных на государственный экзамен:

- «Технология комплексных и фосфорных удобрений»;
- «Технология связанного азота и азотных удобрений»;
- «Технология калийных удобрений».

Экзаменационный билет включает три вопроса по количеству дисциплин, вынесенных на государственный экзамен.

1. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНЫХ И ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ

Сырьевая база для получения фосфорсодержащих химических соединений. Методы переработки фосфорсодержащих сырьевых компонентов в целевые продукты и их характеристика.

1. *Особенности термического способа переработки фосфатного сырья.* Физико-химические основы термической переработки фосфатного сырья с получением элементарного фосфора. Функциональная, технологическая схемы производства элементарного фосфора. Устройство и принцип работы основного оборудования.

Ортофосфорная, полифосфорные, метафосфорные кислоты. Физико-химические основы получения термической ортофосфорной кислоты. Функциональная, технологическая схемы получения термической ортофосфорной кислоты.

2. *Теоретические и технологические основы процессов разложения фосфатного сырья кислотами.* Скорость превращений, происходящих в гетерогенной системе, массообмен, диффузия. Кинетическая и диффузионная области протекания процесса. Лимитирующие стадии и режим процесса. Зависимость константы скорости и коэффициента диффузии от температуры. Интенсификация процесса.

Обоснование физико-химических основ получения фосфорной кислоты при сернокислотной экстракции фосфатного сырья. Дигидратный, полугидратный, ангидритный и комбинированные способы получения экстракционной фосфорной кислоты. Функциональная, технологическая схемы производства экстракционной ортофосфорной кислоты и устройство основного оборудования.

Обоснование режима разложения фосфатного сырья фосфорной кислотой, способов получения двойного суперфосфата и комплексных удобрений на его основе. Функциональная, технологическая схемы получения фосфорсодержащих удобрений и устройство основного оборудования.

Особенности азотнокислого разложения природных фосфатов. Функциональная, технологическая схема производства нитрофосфатов. Устройство основного оборудования.

Теоретические основы нейтрализации экстракционной ортофосфорной кислоты и суспензии, содержащей H_3PO_4 и $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ аммиаком. Функциональная, технологическая схемы производства аммофоса и комплексных удобрений на его основе, устройство основного оборудования.

Схема процессов: фосфорсодержащее сырье – полупродукты, целевые продукты, применительно к ОАО «Гомельский химический завод». Технологические показатели производства целевых продуктов. Основные направления развития производства фосфорсодержащих удобрений.

3. *Серная кислота как реагент для разложения апатитов и фосфоритов.* Сырьевая база производства серной кислоты. Получение серной кислоты из H_2S -содержащих газов методом «мокрого катализа».

Сернокислотные системы одинарного контактирования с системой очистки отходящих газов. Сернокислотные системы двойного контактирования с двойной абсорбцией (ДК/ДА). Оптимальный режим гетерогенно-каталитического процесса окисления SO_2 . Типы катализаторов и их влияние на параметры и показатели процесса окисления. Особенности абсорбции SO_3 в производстве серной кислоты и олеума. Направления развития производства серной кислоты (примеры).

4. *Очистки отходящих газов при производстве фосфорсодержащих продуктов и серной кислоты.* Способы контакта фаз в системе жидкость-газ. Схема процесса взаимодействия газа с жидкостью. Закон Генри. Кинетический, диффузионный режимы процесса. Основные факторы, влияющие на скорость превращений в системе газ-жидкость. Движущая сила процессов абсорбции, десорбции. Пути интенсификации процессов. Обоснование физико-химических основ очистки отходящих газов от фторсодержащих соединений. Очистка отходящих газов сернокислотных систем одинарного контактирования растворами сульфита/бисульфита аммония. Устройство абсорберов.

ТЕХНОЛОГИЯ СВЯЗАННОГО АЗОТА И АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

1. *Теоретические основы процессов, протекающих в газовой фазе.* Химическое равновесие. Константа равновесия химического превращения. Равновесный состав реагирующей смеси, равновесная степень превращения. Основные факторы, влияющие на изменение равновесного превращения. Химические реакции при высоком давлении, расчет константы химического равновесия. Термодинамические расчеты химических процессов и их задачи.

Кинетика химических превращений. Скорость химической реакции и кинетические уравнения. Гомогенный химический процесс. Влияние концентрации, давления на скорость химических реакций. Зависимость скорости реакций различного типа от температуры.

Каталитические процессы и сущность катализа. Микро- и макрокинетика каталитических процессов. Основные факторы, влияющие на создание промышленных контактных масс заданного химического состава, оптимальной пористой структуры, размера и формы гранул.

Сырьевая база для получения азотсодержащих соединений.

2. *Получение азота криогенным методом.* Особенности охлаждения и сжижения воздуха, его подготовка к разделению. Обоснование условий и параметров сжижения воздуха на основе 1-го закона термодинамики. Сравнительный анализ холодильных циклов криогенных установок. Функциональная и технологическая схемы сжижения и разделения воздуха. Перечень основного оборудования, его устройство и принцип работы.

3. *Получение водорода.* Стехиометрические уравнения химических реакций получения водорода и азотоводородной смеси. Способы получения водорода и азотоводородной смеси для синтеза аммиака. Обоснование оптимальных параметров конверсии природного газа водяным паром и кислородом. Катализаторы и технологические показатели процесса конверсии природного газа.

Конверсия оксида углерода водяным паром. Равновесие реакции. Кинетика процесса. Обоснование оптимального технологического режима и типа катализатора для конверсии СО.

Функциональная и технологическая схемы двухступенчатой каталитической конверсии природного газа. Принципы создания энерготехнологических схем. Аппаратурное оформление процессов конверсии. Устройство аппаратов.

4. *Синтез аммиака.* Синтез аммиака как пример гетерогенно-каталитического процесса. Обоснование оптимальных технологических параметров, применяемых катализаторов. Кинетика процесса. Технологические схемы синтеза аммиака. Выход аммиака и другие технологические показатели. Пути совершенствования схем синтеза аммиака. Устройство основного оборудования.

5. *Очистка газовых смесей в производстве аммиака.* Методы очистки природного газа, азотоводородной смеси от каталитических ядов. Технологический режим каталитически-адсорбционной очистки природного газа от сернистых соединений. Характеристика катализатора и адсорбента.

Обоснование параметров процесса абсорбции и десорбции СО₂ при очистке азотоводородной смеси. Показатели процесса очистки.

6. *Производство азотной кислоты.* Гетерогенно-каталитический процесс окисления аммиака, стехиометрические уравнения и их характеристика. Влияние факторов на выход NO и обоснование оптимального режима. Окисление оксида азота (II) кислородом. Режим процесса абсорбции оксидов азота водой и его обоснование. Степень абсорбции.

Методы обезвреживания отходящих нитрозных газов. Технологические схемы производств азотной кислоты. Гетерогенно-каталитический процесс очистки нитрозных газов и его характеристика. Оптимизация технологических параметров производства азотной кислоты на различных стадиях процесса. Пути создания энергоэффективных схем производства азотной кислоты. Устройство основного оборудования. Способы и особенности получения концентрированной азотной кислоты.

7. *Производство азотных удобрений.* Азотсодержащие удобрения, их виды, свойства. Получение пересыщенных систем сульфата, нитрата аммония. Особенности их кристаллизации. Функциональные схемы производства сульфата аммония, аммонийной селитры. Производство жидких азотных удобрений.

Стехиометрические уравнения получения карбамида и их характеристика. Основные технологические стадии производства карбамида и обоснование технологического режима.

ТЕХНОЛОГИЯ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

Основные технологии переработки калийных руд и виды калийных удобрений. Состояние и перспективы развития калийной промышленности.

1. Производство хлористого калия флотационным методом. Способы обесшламливания руды и сгущения шламов. Гидравлическое обесшламливание. Реагенты шламовой флотации. Особенности флотационного обогащения калийных руд. Реагентный режим сильвиновой флотации. Функциональные и технологические схемы флотационного обогащения сильвинита. Устройство и принцип работы основного оборудования, применяемого при флотации калийных руд.

2. Производство хлористого калия галургическим методом. Способы изображения фазовых равновесий и их графический анализ на примере процесса растворения сильвинитовой руды. Кинетика процесса растворения. Факторы, влияющие на процесс выщелачивания KCl из сильвинита.

Кристаллизация KCl. Общие вопросы фазообразования в пересыщенных растворах. Абсолютное и относительное пересыщение. Коэффициент пересыщения. Поверхностная и объемная составляющие энергии Гиббса образования зародыша. Гомогенная и гетерогенная конденсация новой фазы. Скорость образования и роста зародышей. Агрегирование кристаллов. Поли-термическая и изотермическая кристаллизации KCl. Процесс кристаллизации высаливанием.

Способы достижения пересыщения в растворах полученных после стадий выщелачивания и сгущения в системе KCl-NaCl-H₂O. Обоснование способа и режима кристаллизации KCl. Зависимость размера и формы частиц KCl от условий кристаллизации.

Технологические схемы переработки сильвинита галургическим методом. Основное оборудование, применяемое при галургической переработке калийных руд.

Обоснование технологического режима сушки флотационного и галургического хлористого калия. Гранулирование хлористого калия. Устройство и принцип работы основного оборудования. Облагораживание и кондиционирование гранулята хлористого калия.

3. Производство бесхлорных калийных удобрений. Способы получения пересыщенных растворов и кристаллизации сульфата, нитрата, фосфатов калия. Факторы, влияющие на размер и форму частиц образующегося продукта. Функциональные схемы производства бесхлорных удобрений.

4. Производство кальцинированной соды. Общая характеристика производства кальцинированной соды по аммиачному методу. Технологические стадии процесса получения кальцинированной соды.

ТЕМАТИКА ОБЗОРНЫХ ЛЕКЦИЙ

1. Современное состояние азотной промышленности в Республике Беларусь и за рубежом – 6 ч.
2. Современное состояние производства фосфорной кислоты и фосфорных удобрений – 3 ч.
3. Современное состояние производства комплексных удобрений – 3 ч.
4. Современное состояние производства калийных удобрений – 4 ч.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Воробьев, Н. И. Технология связанного азота и азотных удобрений. Тексты лекций по одноименному курсу для студентов специальности 1-48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 01 01 «Технология минеральных удобрений, солей и щелочей» очной и заочной форм обучения / Н. И. Воробьев. – Минск: БГТУ, 2011. – 216 с.
2. Позин, М. Е. Технология минеральных удобрений / М. Е. Позин. – Л.: Химия, 1989.
3. Дормешкин, О. Б. Производство бесхлорных водорастворимых комплексных удобрений / О. Б. Дормешкин, Н. И. Воробьев. – Минск: БГТУ, 2006. – 248 с.
4. Технология фосфорных и комплексных удобрений / Под ред. С. Д. Эвенчика, А. А. Бродского. – М.: Химия, 1987.
5. Технология калийных удобрений / В. В. Печковский [и др.]. – Минск: Выш. школа, 1978.
6. Воробьев, Н. И. Обогащение полезных ископаемых / Н. И. Воробьев, Д. М. Новик. – Минск: БГТУ, 2007. – 185 с.
7. Ещенко Л.С. Технология катализаторы и адсорбенты. Тексты лекций по одноименному курсу для студентов специальности 1-48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 01 01 «Технология минеральных удобрений, солей и щелочей» / Л. С. Ещенко. – Минск: БГТУ, 2015. – 167 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Утверждаю
Проректор по учебной работе БГТУ
_____ А.А. Сакович
_____ 2022 г.

Перечень вопросов,
выносимых на государственный экзамен по дисциплине
«Химическая технология неорганических веществ»
для студентов специальности 1–48 01 01 «Химическая технология
неорганических веществ, материалов и изделий» специализации
1–48 01 01 01 «Технология минеральных удобрений, солей и щелочей»

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНЫХ И ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ

1. Сырьевая база для получения фосфорсодержащих химических соединений. Методы переработки фосфорсодержащих сырьевых компонентов в целевые продукты и их характеристика.

2. Физико-химические основы термической переработки фосфатного сырья с получением элементарного фосфора. Функциональная, технологическая схемы производства элементарного фосфора. Устройство и принцип работы основного оборудования.

3. Ортофосфорная, полифосфорные, метафосфорные кислоты. Физико-химические основы получения термической ортофосфорной кислоты. Функциональная, технологическая схемы получения термической ортофосфорной кислоты.

4. Скорость превращений, происходящих в гетерогенной системе, массообмен, диффузия. Кинетическая и диффузионная области протекания процесса. Лимитирующие стадии и режим процесса. Зависимость константы скорости и коэффициента диффузии от температуры. Интенсификация процесса.

5. Скорость превращений, происходящих в гетерогенной системе, массообмен, диффузия. Лимитирующие стадии и режим процесса. Обоснование физико-химических основ получения фосфорной кислоты при сернокислотной экстракции фосфатного сырья.

6. Дигидратный, полугидратный, ангидритный и комбинированные способы получения экстракционной фосфорной кислоты. Функциональная, технологическая схемы производства экстракционной ортофосфорной кислоты и устройство основного оборудования.

7. Обоснование режима разложения фосфатного сырья фосфорной кислотой, способов получения двойного суперфосфата и комплексных удобрений на его основе. Функциональная, технологическая схемы получения фосфорсодержащих удобрений и устройство основного оборудования.

8. Особенности азотнокислого разложения природных фосфатов. Функциональная, технологическая схема производства нитрофосфатов. Устройство основного оборудования.

9. Теоретические основы нейтрализации экстракционной ортофосфорной кислоты и суспензии, содержащей H_3PO_4 и $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ аммиаком. Функциональная, технологическая схемы производства аммофоса и комплексных удобрений на его основе, устройство основного оборудования.

10. Схема процессов: фосфорсодержащее сырье – полупродукты, целевые продукты, применительно к ОАО «Гомельский химический завод». Технологические показатели производства целевых продуктов. Основные направления развития производства фосфорсодержащих удобрений.

11. Сырьевая база производства серной кислоты. Получение серной кислоты из H_2S -содержащих газов методом «мокрого катализа».

12. Серноокислотные системы одинарного контактирования с системой очистки отходящих газов. Оптимальный режим гетерогенно-каталитического процесса окисления SO_2 . Типы катализаторов и их влияние на параметры и показатели процесса окисления.

13. Серноокислотные системы двойного контактирования с двойной абсорбцией (ДК/ДА). Оптимальный режим гетерогенно-каталитического процесса окисления SO_2 . Типы катализаторов и их влияние на параметры и показатели процесса окисления.

14. Особенности абсорбции SO_3 в производстве серной кислоты и олеума. Направления развития производства серной кислоты (примеры).

15. Способы контакта фаз в системе жидкость-газ. Схема процесса взаимодействия газа с жидкостью. Закон Генри. Кинетический, диффузионный режимы процесса. Основные факторы, влияющие на скорость превращений в системе газ-жидкость. Движущая сила процессов абсорбции, десорбции. Пути интенсификации процессов.

16. Обоснование физико-химических основ очистки отходящих газов от фторсодержащих соединений. Устройство абсорберов.

17. Очистка отходящих газов серноокислотных систем одинарного контактирования растворами сульфита/бисульфита аммония. Устройство абсорберов.

ТЕХНОЛОГИЯ СВЯЗАННОГО АЗОТА И АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

1. Химическое равновесие. Константа равновесия химического превращения. Равновесный состав реагирующей смеси, равновесная степень превращения. Основные факторы, влияющие на изменение равновесного превращения.

2. Химические реакции при высоком давлении, расчет константы химического равновесия. Основные факторы, влияющие на изменение равновесного превращения. Термодинамические расчеты химических процессов и их задачи.

3. Кинетика химических превращений. Скорость химической реакции и кинетические уравнения. Гомогенный химический процесс. Влияние концентрации, давления на скорость химических реакций. Зависимость скорости реакций различного типа от температуры.

4. Каталитические процессы и сущность катализа. Микро- и макрокинетика каталитических процессов.

5. Основные факторы, влияющие на создание промышленных контактных масс заданного химического состава, оптимальной пористой структуры, размера и формы гранул.

7. Особенности охлаждения и сжижения воздуха, его подготовка к разделению. Обоснование условий и параметров сжижения воздуха на основе 1-го закона термодинамики.

8. Сравнительный анализ холодильных циклов криогенных установок.

9. Функциональная и технологическая схемы сжижения и разделения воздуха. Перечень основного оборудования, его устройство и принцип работы.

10. Стехиометрические уравнения химических реакций получения водорода и азотоводородной смеси. Способы получения водорода и азотоводородной смеси для синтеза аммиака.

11. Обоснование оптимальных параметров конверсии природного газа водяным паром и кислородом. Катализаторы и технологические показатели процесса конверсии природного газа.

12. Конверсия оксида углерода водяным паром. Равновесие реакции. Кинетика процесса. Обоснование оптимального технологического режима и типа катализатора для конверсии CO.

13. Функциональная и технологическая схемы двухступенчатой каталитической конверсии природного газа. Принципы создания энерготехнологических схем. Аппаратурное оформление процессов конверсии. Устройство аппаратов.

14. Синтез аммиака как пример гетерогенно-каталитического процесса. Обоснование оптимальных технологических параметров, применяемых катализаторов. Кинетика процесса.

15. Технологические схемы синтеза аммиака. Выход аммиака и другие технологические показатели. Пути совершенствования схем синтеза аммиака. Устройство основного оборудования.

16. Методы очистки природного газа, азотоводородной смеси от каталитических ядов. Технологический режим каталитически-адсорбционной очистки природного газа от сернистых соединений. Характеристика катализатора и адсорбента.

17. Обоснование параметров процесса абсорбции и десорбции CO₂ при очистке азотоводородной смеси. Показатели процесса очистки.

18. Гетерогенно-каталитический процесс окисления аммиака, стехиометрические уравнения и их характеристика. Влияние факторов на выход NO и обоснование оптимального режима. Окисление оксида азота (II) кисло-

родом. Режим процесса абсорбции оксидов азота водой и его обоснование. Степень абсорбции.

19. Методы обезвреживания отходящих нитрозных газов. Гетерогенно-каталитический процесс очистки нитрозных газов и его характеристика. Оптимизация технологических параметров производства азотной кислоты на различных стадиях процесса.

20. Технологические схемы производств азотной кислоты. Пути создания энергоэффективных схем производства азотной кислоты. Устройство основного оборудования.

21. Способы и особенности получения концентрированной азотной кислоты.

22. Азотсодержащие удобрения, их виды, свойства. Получение пересыщенных систем сульфата, нитрата аммония. Особенности их кристаллизации.

23. Функциональные схемы производства сульфата аммония, аммонийной селитры. Производство жидких азотных удобрений.

24. Стехиометрические уравнения получения карбамида и их характеристика. Основные технологические стадии производства карбамида и обоснование технологического режима.

ТЕХНОЛОГИЯ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

1. Основные технологии переработки калийных руд и виды калийных удобрений. Состояние и перспективы развития калийной промышленности.

2. Способы обесшламливания руды и сгущения шламов. Гидравлическое обесшламливание. Реагенты шламовой флотации.

3. Особенности флотационного обогащения калийных руд. Реагентный режим сильвиновой флотации.

4. Функциональные и технологические схемы флотационного обогащения сильвинита. Устройство и принцип работы основного оборудования, применяемого при флотации калийных руд.

5. Способы изображения фазовых равновесий и их графический анализ на примере процесса растворения сильвинитовой руды.

6. Кинетика процесса растворения. Факторы, влияющие на процесс выщелачивания KCl из сильвинита.

7. Кристаллизация KCl . Общие вопросы фазообразования в пересыщенных растворах. Абсолютное и относительное пересыщение. Коэффициент пересыщения. Поверхностная и объемная составляющие энергии Гиббса образования зародыша.

8. Кристаллизация KCl . Гомогенная и гетерогенная конденсация новой фазы. Скорость образования и роста зародышей. Агрегирование кристаллов. Политермическая и изотермическая кристаллизации KCl . Процесс кристаллизации высаливанием.

9. Способы достижения пересыщения в растворах полученных после стадий выщелачивания и сгущения в системе $KCl-NaCl-H_2O$. Обоснование способа и режима кристаллизации KCl .

10. Обоснование способа и режима кристаллизации KCl . Зависимость размера и формы частиц KCl от условий кристаллизации.

11. Технологические схемы переработки сильвинита галургическим методом. Основное оборудование, применяемое при галургической переработке калийных руд.

12. Обоснование технологического режима сушки флотационного и галургического хлористого калия. Гранулирование хлористого калия. Устройство и принцип работы основного оборудования. Облагораживание и кондиционирование гранулята хлористого калия.

13. Способы получения пересыщенных растворов и кристаллизации сульфата, нитрата, фосфатов калия. Факторы, влияющие на размер и форму частиц образующегося продукта. Функциональные схемы производства бесхлорных удобрений.

14. Общая характеристика производства кальцинированной соды по аммиачному методу. Технологические стадии процесса получения кальцинированной соды.