

**М.ИКРАМОВ, Р.НАЗИРОВА., С.МИРСАЛИМОВА, С.ТАДЖИЕВ**

# **НОВЫЕ ВИДЫ СУСПЕНДИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ**

## **МОНОГРАФИЯ**



**2020**



**EUROPEAN  
SCIENTIFIC  
PLATFORM**

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

**М. ИКРАМОВ, Р. НАЗИРОВА., С. МИРСАЛИМОВА, С. ТАДЖИЕВ**

**НОВЫЕ ВИДЫ  
СУСПЕНДИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ  
НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ**

---

**М О Н О Г Р А Ф И Я**

---

**СЕТЕВОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ**

Фргана-Винница  
«Европейская научная платформа»  
2020

**Ответственный редактор:** доктор химических наук Б.С.Закиров

**Рецензенты:** - доктор технических наук, проф. И.Т.Шамишдинов  
- доктор технических наук Р.Р.Тожиев

*Рекомендовано в печать на основании приказа от 29 октября 2020 года Ученого Совета Ферганского политехнического института.*

### **Икрамов М.**

И 41 Новые виды суспендированных удобрений на основе местного сырья: монография [сетевое электронное научное издание] / М. Икрамов, Р. Назирова, С. Мирсалимова, С. Таджиев. — Фергана-Винница: ОО «Европейская научная платформа», 2020. — 123 с.

ISBN 978-617-7991-01-3 PDF

В монографии рассматриваются процессы получения новых форм комплексно действующих жидких и суспендированных NP-, NPCa-, NPK- и NPKCa-удобрений на основе аммофоса, промышленного кальцийсодержащего техногенного отхода.

На основе исследований разработана рациональная технология получения новых видов суспендированных сложных удобрений с удовлетворительными реологическими свойствами на основе базисной суспензии из аммофоса и продуктов азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама, раствора КАС, нитрата аммония, карбамида и хлорида калия. установлены оптимальные условия получения новых форм комплекснодействующих сложных суспендированных удобрений на основе продуктов азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама, аммофоса, раствора КАС, нитрата аммония, карбамида и хлорида калия.

На основании исследований установлены оптимальный режим получения базисной суспензии нейтрализацией аммофососодержащей азотной кислоты кальцийсодержащим шламом в зависимости от соотношения  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ :аммофос; определено оптимальное соотношение  $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5=0,33$  в процессе получения стабильной базисной суспензии при нейтрализации азотнофосфорнокислотной пульпы из аммофоса аммиачной водой; доказано влияние раствора КАС, нитрата аммония, карбамида, и хлорида калия на химический состав и свойства новых видов суспендированных сложных удобрений.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что внедрение разработки в промышленность позволит выпускать новые формы суспендированных сложных удобрений, предназначенные для выращивания всех сельскохозяйственных культур в закрытых грунтах, а также для корневой и внекорневой подкормки плодовых деревьев.

Полученные результаты могут быть использованы при организации опытно-промышленного производства новых видов удобрений, в исследованиях, проводимых отраслевыми институтами Академии наук РУз, в вузах РУз, в частности в курсах лекций по технологии неорганических веществ. В монографии использованы работы авторов, выполненных в лаборатории «Комплексных удобрений» Института общей и неорганической химии АН РУз.

Монография рекомендована для специалистов работающих в области производства различных удобрений, химиков-технологов, а также студентов и магистров по специальности «Химическая технология» (по видам производств), «Химическая технология минеральных удобрений» (Химическая технология неорганических материалов).

УДК 661.632:661.56

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	6
<b>ГЛАВА ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.</b>	
<b>I ЖИДКИЕ И СУСПЕНДИРОВАННЫЕ СЛОЖНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ .....</b>	<b>9</b>
§ 1.1 Жидкие и суспендированные удобрения .....	9
§ 1.2 Производство жидких удобрений .....	15
§ 1.3 Производство суспендированных удобрений .....	16
<b>ГЛАВА РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ</b>	
<b>II СУСПЕНДИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ НА</b>	
<b>ОСНОВЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ФОСФОРНЫХ</b>	
<b>УДОБРЕНИЙ .....</b>	<b>40</b>
§ 2.1 Получение суспендированных сложных удобрений на основе аммофоса, раствора КАС и хлорида калия .....	40
§ 2.2 Получение суспендированных сложных удобрений на основе аммофоса, нитрата аммония и хлорида калия .....	47
§ 2.3 Получение суспендированных сложных удобрений на основе аммофоса, карбамида и хлорида калия .....	50
§ 2.4 Получение суспендированных сложных удобрений на основе кормового фосфата аммония, раствора КАС и хлорида калия .....	53
§ 2.5 Опытнo-промышленное испытание процесса получения суспендированных удобрений на основе аммофоса .....	55
<b>ГЛАВА СУСПЕНДИРОВАННОЕ УДОБРЕНИЕ НА ОСНОВЕ</b>	
<b>III НИТРАТА КАЛЬЦИЯ, АММОФОСА, АММИАЧНОЙ</b>	
<b>СЕЛИТРЫ, КАРБАМИДА, РАСТВОРА КАС .....</b>	<b>68</b>
§ 3.1 Изучение процесса азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама .....	68
§ 3.2 Приготовление базисного раствора из нитрата кальция шлама и аммофоса .....	70
§ 3.3 Получение суспендированного сложного NP-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и раствора КАС .....	71
§ 3.4 Получение суспендированного сложного NPK-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, раствора КАС и хлорида калия .....	75

§ 3.5	Получение суспендированного сложного NP-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и аммиачной селитры .....	79
§ 3.6	Получение суспендированного сложного NPK-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, аммиачной селитры и хлорида калия .....	83
§ 3.7	Получение суспендированного сложного NP-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и карбамида .....	87
§ 3.8	Получение суспендированного сложного NPK-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, карбамида и хлорида калия .....	91
§ 3.9	Укрупненные испытания технологии получения суспендированных сложных удобрений .....	96
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....		104
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....		107

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Во всем мире в условиях интенсивного роста населения, резкого сокращения земельных и водных ресурсов усиливаются проблемы производства качественных продуктов сельского хозяйства. Поэтому особое внимание уделяется интенсификации и химизации сельскохозяйственного производства. В этом аспекте большое значение имеет обеспечение сельского хозяйства дешевыми высокоэффективными минеральными удобрениями.

В мировом масштабе наибольший интерес представляет повышения эффективности использования минеральных удобрений и интенсификации существующих производств, а также и внедрение рациональных технологий. Одним из эффективных способов в области технологии минеральных удобрений и сельского хозяйства является создание новых видов жидких и суспендированных удобрений, способствующих повышению жизнестойкости растений к неблагоприятным условиям внешней среды, сопротивляемости растений к различным заболеваниям, а также увеличению урожайности. Они по сравнению с твердыми туками отличаются простотой производства, и полностью соответствуют требованиям сельскохозяйственного производства. Для этой цели необходимо обосновать соответствующие научно-технические решения по следующим направлениям: установление оптимальных условий получения базисной суспензии на основе фосфорного составляющего; определение состава и свойств сложных суспендированных удобрений; разработка рациональной технологии получения стабильных суспендированных удобрений на основе аммофоса, кальцийсодержащего вторичного сырья, раствора КАС, карбамида, нитрата аммония, хлорида калия.

На сегодняшний день в нашей стране проводятся на основе широкомасштабные мероприятия по организации научных и практических исследований и достигнуты определенные результаты в области производства азот-, фосфор-, калийсодержащих простых и сложных

удобрений на основе местного сырья. В третьем направлении стратегии действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан намечены важные задачи «последовательное развитие сельскохозяйственного производства, дальнейшее укрепление продовольственной безопасности страны, расширение производства экологически чистых продуктов, существенное повышение экспортного потенциала аграрного сектора». В этом аспекте важное значение приобретает разработка рациональной технологии производства новых видов высокоэффективных сложных суспендированных удобрений на основе местного сырья.

В научно-технической литературе накоплен большой объём материала по получению жидких и суспендированных удобрений. В нашей стране под руководством академика М.Н.Набиева создана научная школа по технологии неорганических веществ и минеральных удобрений. По разработкам технологии получения жидких форм удобрений занимались Б.М.Беглов, Ш.С. Намазов, С.М.Таджиев, С.Тухтаев, А.М. Амирова, Б.Э. Султонов, Н.С.Бахриддинов, Д.Ш.Шеркузиев, У. Ибрагимов и другие. Ими осуществлены широкомасштабные научно-исследовательские работы по получению жидких суспендированных удобрений разных марок СУМ-Уж, жидких сложных удобрений на основе побочного продукта азотнокислотного разложения фосфоритов Каратау, ЭФК и др. Б.Э.Султонов и Д.Ш.Шеркузиев на основе научных исследований получили фосфорсодержащие жидкие кальциевые удобрения путем кислотного разложения фосмуки Центральных Кызылкумов. Следует отметить, что разработанные технологии получения жидких и суспендированных удобрений практически не внедрены в производство.

В мире L.T.Herbert, S.S.Lanyi, R.Slinksiene, C.James, G.Panayotova, В.Н.Мищенко, А.Г.Степченко, О.Б.Дормешкин, Н.Travis, Т.М.Bhatti, W.P.Kennedy, K.W.Keenan и другими учеными проведены ряд научно-исследовательских работ по получению и разработке технологий жидких и суспендированных удобрений.

В настоящее время отсутствуют отечественные технологии получения сложных препаратов универсального действия, как для корневой, так и для внекорневой подкормки, являющихся эффективными удобрениями.

Таким образом, что вышеуказанными и другими учеными до настоящего времени не проводились технологические исследования по получению комплекснодействующих азот-, фосфор- и калийсодержащих сложных суспендированных удобрений на основе кислотной переработки промышленного кальцийсодержащего вторичного сырья и стандартных туков.

# ГЛАВА I. ЖИДКИЕ И СУСПЕНДИРОВАННЫЕ СЛОЖНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

## § 1.1 Жидкие и суспендированные удобрения

С развитием агропромышленного комплекса все острее становится проблема рационального использования удобрений. Основным источником потерь гранулированных удобрений, кроме механических потерь при транспортировке и применении в почву, является низкий коэффициент использования питательных веществ растениями.

В настоящее время существующий в отечественной туковой промышленности ассортимент минеральных туков хотя и позволяет решить проблему обеспечения растений питательными веществами, но не полностью удовлетворяет растущие потребности сельского хозяйства для организации высокоэффективного выращивания сельскохозяйственных культур. По мнению ведущих зарубежных специалистов, основные требования, предъявляемые к минеральным удобрениям, особенно при внекорневой подкормке, могут быть удовлетворены только при использовании жидких форм удобрений. Сельскохозяйственная наука и практика последние три десятилетия убедительно показывают, что место традиционных минеральных удобрений все чаще занимают жидкие, т.е. будущее принадлежит жидким концентрированным минеральным удобрениям. Единственный путь повышения концентрации питательных веществ в жидких удобрениях – использование суспензий вместо растворов.

В области технологии минеральных удобрений и сельского хозяйства актуальной проблемой является создание жидких и суспендированных сложных удобрительных препаратов, способствующих повышению жизнестойкости растений к неблагоприятным условиям внешней среды и сопротивляемости растений к различным заболеваниям, а также к повышению урожайности.

Из-за отсутствия комплексно действующих удобрительных препаратов в последние годы при выращивании сельскохозяйственных культур в период вегетации растения обрабатывают суспензиями, получаемые путем растворения и смешения твердых стандартных туков – карбамида, труднорастворимых аммофоса, суперфосфата, супрефоса, хлорида калия и др.

Кроме того, при выращивании всех культур в закрытых грунтах (теплицах), а также для корневой и внекорневой подкормки плодовых деревьев (в интенсивных садах) применяют импортные жидкие или суспендированные удобрения, или растворы быстрорастворимых комплексных удобрений.

В настоящее время отсутствуют отечественные технологии получения сложных препаратов универсального действия, как для корневой, так и для внекорневой подкормки, являющихся эффективными удобрениями.

Жидкие и суспендированные удобрения (ЖУ и ЖСУ) являются более перспективными и экономичными. Они имеют ряд преимуществ перед твердыми туками простотой производства. Они не пылятся, не слеживаются, легко текучи, из-за отсутствия энергоемких стадий, процесс их производства менее сложен. Кроме того, с ЖСУ можно одновременно вводить в почву микроэлементы, ростовые вещества, гербициды и инсектофунгициды. При использовании жидких и суспендированных удобрений обеспечивается их высокая равномерность распределения в почве. ЖСУ можно вносить при вспашке, культивации, посеве и уходе за посевом, а также вместе с поливной водой при орошении.

При твердом тукосмешении не удастся добиться однородности смеси и ее равномерного внесения. Агрохимические требования, предъявляемые к минеральным удобрениям, удовлетворяются только при использовании жидких форм удобрений.

Основная цель тукосмешения – получить высококонцентрированные смеси с необходимым соотношением макро- и микроэлементов, обладающие

хорошими технологическими свойствами: текучестью, высокой стабильностью, низкой абразивностью.

Холодное тукосмешение это единственный способ, позволяющий получить удобрение с практически любым соотношением питательных веществ, добавляя к базовому раствору различные удобрения (нитрат аммония, карбамид, хлорид калия и прочие). Производство не требует больших капвложений.

Суспензии – минеральных удобрений представляют собой двухфазную систему, где жидкая фаза – насыщенный раствор солей, а твердая – нерастворенные кристаллы этих солей, частицы нерастворимых солей, стабилизирующих агентов и других веществ. Они должны быть технологичными – иметь низкую вязкость, хорошую текучесть, сохранять однородность и устойчивость при хранении и транспортировке и внесении в почву. Для стабилизации суспензий, придания им гомогенности по всему объему и устойчивости к расслоению в состав смеси вводится стабилизатор (гелеобразователь). Функция стабилизатора – повышая вязкость, он повышает агрегативную устойчивость суспензии и препятствует вторичному росту кристаллов в процессе хранения. Выбор стабилизатора занимает центральное место в процессе приготовления жидких тукосмесей.

К основным преимуществам ЖКУ относят следующие:

- в сравнении с жидкими азотными удобрениями не содержат свободного аммиака, поэтому могут транспортироваться и храниться в негерметичной таре;
- могут быть внесены на поверхность почвы без необходимости в немедленной заделке;
- в сравнении с твердыми удобрениями более равномерно распределяются по поверхности поля;
- равномерность состава: каждая капля жидкого удобрения имеет одинаковый состав;

- работы с ЖКУ полностью механизированы, ниже стоимость операций по хранению, внесению в почву и погрузочно-разгрузочных работ, а также при транспортировке;
- потери при перегрузке и хранении не превышают 1%, тогда как для твердых удобрений этот показатель составляет 10-15% и более;
- как правило, меньше возможность хищения;
- при необходимости в их состав могут вводиться другие компоненты (микроэлементы, регуляторы роста, пестициды), при этом добавочные компоненты распределяются во всем объеме удобрения, что позволяет их внести наиболее равномерно;
- ЖКУ не ядовиты и не взрывоопасны;
- присутствующие сегодня на рынке сеялки достаточно легко адаптируются под внесение жидких удобрений при посеве;
- себестоимость ЖКУ ниже, чем твердых удобрений (в процессе их производства исключаются энергоемкие и затратные технологические стадии гранулирования, сушки, пылеулавливания и др.);
- также перспективно внесение ЖКУ в системе капельного орошения. ЖКУ могут быть использованы и для капсулирования и дражирования семян, их предпосевной обработки.

Комплексное суспендированное удобрение получают на основе продуктов азотнокислотной переработки известняка, моноаммонийфосфата, КАС, аммиачной воды.

ЖКУ выпускают в виде нейтральных растворов (плотность 1,39-1,42 г/см<sup>3</sup>) или суспензий, содержащих два либо три питательных элемента. Они используются для приготовления широкого ассортимента уравновешенных ЖКУ: двойных путем смешения (35-45 °С) с растворами карбамида, аммиачной селитры или их смесями, тройных - добавлением к двойным КСI; в некоторых случаях растворы обогащают солями микроэлементов, а также добавляют пестициды и стимуляторы роста растений. В результате получают ЖКУ, содержащие 27-30% питательных веществ.

Суспендированные ЖКУ содержат твердую фазу, которая находится во взвешенном состоянии; концентрация питательных веществ ( $N+P_2O_5+K_2O$ ) может достигать 45-54%. Производство удобрений экономичнее на 20% производства твердых удобрений.

В последнее время суспензии становятся все более популярными в странах Северной Америки. Например, в США 22% комплексных удобрений используются в жидком виде. Второе место в мире по уровню потребления жидких удобрений занимает Канада. На долю суспендированных ЖКУ приходится 40% всех жидких удобрений.

Крупнейшим производителем суспензий в дальнем зарубежье в настоящее время является США. ССУ в значительных объемах применяют в западно-европейских странах – Англии, Франции, Дании, Италии, Бельгии, Чехии, Венгрии и др.

В США разработаны суспендированные удобрения различных марок на базе ортофосфорной и суперполифосфорной кислот. На тукосмесительных установках путем холодного смешения получают растворы марок 7-21-7, 4-10-10, 6-18-6 и суспензии 3-10-30, 5-15-25, 5-10-30, 4-12-24. Наиболее распространенными марками базисных суспензий являются 31-0-0, 12-40-0, 3-10-0, 4-12-24, 5-15-30, 10-20-10, 14-14-14. Для их получения в основном используют ЖКУ 10-34-0, 11-37-0, карбамид, смеси растворов карбамида и аммиачной селитры, суперфосфат и калий хлористый.

В настоящее время в США выпускают более 150 композиций для подкормки растений с учетом потребности сельхозкультур. Более половины суспензий изготавливается из твердых МАФ и ДАФ. Во Франции производится 250-300 тыс. т суспензий из 10-34-0, КАС, калия хлористого. В США, Германии, Франции, Великобритании, Финляндии, Японии, Чехии, Венгрии и др. суспендированные удобрения начали использовать в плодово- и овощеводстве.

ЧАО «Днепровский завод минеральных удобрений» приступил к производству фосфорсодержащих суспензионных жидких комплексных

удобрений (СЖКУ) следующих базовых марок: NP(S) 8:22(10) и NP 6:24. Солевая система удобрения представляет собой совокупность моноаммонийфосфата (аммофос), диаммонийфосфата и сульфата аммония.

В настоящее время в Узбекистане организовано опытно-промышленное производство жидких удобрений:

- аммиачная вода;
- карбамид-аммиачная селитра – КАС (АО «Максам-Чирчик и «Ферганаазот»);
- раствор кальциевой селитры (СП-АО «Электрохимзавод», АО УзКТЖМ и др.);
- азотно-кальциевое удобрение (АО «Ферганаазот»);
- азотно-серное удобрение, азотно-кальциево-магниевое удобрение и др.(АО «Максам-Чирчик»);
- фоскацид (АО «Алмалык-Максам»).

И суспендированных удобрений:

-жидкая суспендированная фосфорсодержащая селитра – ЖСФС (АО «Самаркандкимё»); в ЖСФС азот находится в виде кальциевой и аммиачной селитры, а фосфор – моно- и дикальцийфосфатов. Сумма питательных веществ ( $N+P_2O_5+CaO$ ) в жидкой суспензии составляет 21-28% и получают путем смешивания нитрокальцийфосфатной (нитрофосной) пульпы с раствором аммиачной селитры. ЖСФС содержит 7 % N, 7 %  $P_2O_5$  и 7 % CaO;

-Дармон - 16 % N, 8-9 % CaO, 2 %  $P_2O_5$ , 4-6 %  $K_2O$ , UNI-MIX - 16% N, 5 % CaO, 4 %  $P_2O_5$ , 4 %  $K_2O$ , 3% S, 0,64% CuO и UNI-AGRO - 27% N, 10% S (АО «Ферганаазот»).

Рынок жидких удобрений в 2015 году составил 330,38 млн. долл. США, и ожидается, что к 2022 году он достигнет 923,56 млн. долл. США, составив 15,8% от общего объема удобрений. Рост спроса на продовольствие и снижение урожайности земель обуславливают использование жидких удобрений на местах. Простота их использования, высокая эффективность применения в сельском хозяйстве и экологичность природы являются факторами, стимулирующими рост рынка жидких удобрений.

## § 1.2 Производство жидких удобрений

За последние годы в мировой практике наблюдается увеличение объемов производства и применения жидких удобрений. Наибольший объем производства жидких удобрений среди развитых стран достигнут в США, Англии, Франции. По прогнозам специалистов, объем производства ЖКУ и их потребление в сельском хозяйстве в ближайшие 5-10 лет в развитых странах увеличится в 2-4 раза.

Результаты статистических исследований в области производства и потребления жидких удобрений свидетельствуют о все возрастающей их роли в сельском хозяйстве. Простота аппаратного оформления и исключение из технологического процесса вспомогательных операций (сушка, гранулирование и др.) почти в 3 раза снижает удельные капитальные затраты, а также снижает стоимость переработки сырья в расчете на 1 т удобрений в натуре. Благодаря простоте технологической схемы и возможности полной механизации и автоматизации процесса в 3-4 раза сокращается численность обслуживающего персонала. В отличие от процессов получения гранулированных удобрений, для достижения высоких экономических показателей производства ЖКУ не требуется создания агрегатов большой мощности.

Производство ЖКУ целесообразно создавать в комплексе с производством твердых комплексных удобрений. При совмещении этих производств в одном цехе значительно сокращаются суммарные капитальные затраты. Организация производства этих удобрений не вызывает больших трудностей.

О вопросах получения ЖКУ марки 10-34-0 и 11-37-0 приведены достаточно полные сведения в монографии Кочеткова В.Н. [4].

Коэффициент использования азота или фосфора из гранулированных удобрений достигает 15 – 20 % и то при условии орошения или мелиорации. Процент ввода жидких удобрений значительно ниже, чем гранулированных,

но использование достигает 100%, улучшая дополнительно условия урожая следующего года.

В КАС при взаимодействии с микроорганизмами амидная форма азота переходит в доступные растениями аммонийную форму. В процессе нитрификации, если температура почвы достаточно высокая для микробной активности, аммонийная форма азота переходит в нитратную.

При внесении КАС, который имеет различные формы азота, получаем пролонгированный эффект его усвоения растениями. Кроме того, процессы взаимного превращения азота в почве зависят от множества факторов (температуры, влажности, аэрированности, кислотности и др.), поэтому наличие различных форм азота в почве может рассматриваться еще и как «политика страховки».

Внесение КАС как жидкого удобрения намного равномернее, чем твердых, гранулированных. Целесообразно использовать его для дробных подкормок вегетирующих растений. При этом одновременно происходит и корневая и внекорневая подкормка. В зависимости от фаз развития культурных растений и применяемого оборудования КАС разбавляют водой в необходимом соотношении или вносят не разбавляя. Внесение КАС хорошо совмещается с микроэлементами.

### **§ 1.3 Производство суспендированных удобрений**

Суспендированные сложные удобрения (ССУ) обладают высокой вязкостью, которая из-за тиксотропности компонентов меняется при хранении. Поэтому ССУ нужно перемешивать.

Суспензии (взвеси) минеральных удобрений представляют собой двухфазную систему, где жидкая фаза - насыщенный раствор солей, а твердая - нерастворенные кристаллы этих солей. Они должны быть

технологичными – иметь низкую вязкость, хорошую текучесть, сохранять однородность и устойчивость при хранении, транспортировке и внесении в почву. Применение их должно быть экономически выгодно.

В качестве стабилизаторов суспендированных удобрений могут быть использованы как натуральные, так и синтетические продукты, обладающие стабильным гелеобразующим эффектом, дешевые, химически инертные и нетоксичные по отношению к растениям и животным. Установлен стабилизирующий (гелеобразующий) эффект глин – аттапульгитовой, бентонитовой, сепиолитовой; ряда неорганических соединений – метасиликата Na, кремнефтористой кислоты, хризолитового асбеста, серпентинита, Ca – содержащих соединений; органических веществ – гуматов Na, торфа, муки бурой водоросли, лигносульфоната кальция, полисахаридов, ксантана, геллана и других соединений.

Второй промышленный способ стабилизации основан на способности иона  $Ca^{2+}$  образовывать с фосфатами аммония соединения, имеющие пространственную структуру. Источником иона  $Ca^{2+}$  могут служить  $CaCl_2$ , CaO,  $CaCO_3$ , двойной суперфосфат, гипс, фосфогипс и другие соединения. Реакция протекает в условиях высокой турбулентности при pH 6,5 – 7,5.

Устойчивые суспендированные удобрения можно получать и без добавления стабилизирующего агента, если соблюдается определенный режим введения компонентов.

К настоящему времени разработаны и получили широкое распространение технологии, где в качестве фосфатного компонента используются жидкие соединения - полифосфаты (ЖКУ) или твердые – орто- и полифосфаты (моноаммонийфосфат- МАФ, диаммонийфосфат – ДАФ, и полифосфат аммония - ПФА). Более половины суспензий, производимых в США, изготавливают из твердых МАФ и ДАФ. Содержание  $P_2O_5$  в основах колеблется от 27 до 36%. Более низкие цены и расходы на

доставку МАФ и ДАФ делают их экономически выгодными для производства суспензий.

Возможность использования природных фосфатов в жидком тукосмешении изучали еще в 60-70-е годы прошлого столетия; была предложена технология получения суспензий из фосфоритов путем обработки сырья азотной кислотой с последующей аммонизацией и добавлением необходимого количества азота и калия. Недостаток этой технологии – сложность и потери усвояемого  $P_2O_5$ , так как в присутствии ионов  $Ca^{2+}$  (из руды) трудно избежать образования основных фосфатов кальция, практически почти нерастворимых. Ретроградации можно избежать путем добавления  $H_3PO_4$ ,  $H_2SO_4$ , ПФА или снижения степени аммонизации пульпы. Предлагается использовать фосфоритную муку в виде одностороннего суспендированного фосфорного удобрения. Суспензию готовят из тонкоизмельченного фосфорита.

Впервые Набиевым М.Н. и др. [5-18] разработана технология получения жидкого сложного удобрения под названием СУМ-Vж путем разложения фосфоритов Каратау азотной кислотой с последующей нейтрализацией осветленного раствора до значения  $pH=1,0-1,2$ . Основной задачей исследования авторов было установление относительной степени нейтрализации первого водородного иона фосфорной кислоты до получения удовлетворительной консистенции текучего раствора. На основании результатов опытов были найдены оптимальные условия для получения жидких азотно-фосфорных удобрений с соотношением  $N : P_2O_5 = 1 : 1$  норма азотной кислоты для фосфоритов и флотоконцентрата 10% избытка сверх стехиометрии, а для апатита – 20% избытка. В этих условиях сохраняется текучесть нейтрализованного раствора. При глубокой нейтрализации увеличивается вязкость растворов и резко уменьшается их текучесть.

Технология получения СУМ-Vж была осуществлена на Чирчикском производственном объединении «Электрохимпром». К основным недостаткам СУМ-Vж относится высокая коррозионность среды, имеющей

pH – 1, что требует его перевозки в цистернах, внутри которых поверхности покрыты химзащитной, наличие огромного количества бетонных ям для хранения жидкого удобрения и сельхозмашин, для внесения удобрения, основная часть которых выполнены из высоколегированной стали. По этой причине жидкое сложное удобрение СУМ-Vж не нашло широкого применения в сельском хозяйстве.

Авторами работ [20-25] исследованы процессы получения жидкого азотнофосфорного удобрения на основе четырёхводного нитрата кальция, являющегося побочным продуктом, и раствора мочевины. Для этого кальциевую селитру после охлаждения азотнокислотных растворов из фосфорита Каратау и апатита отделяли путем декантации. Для снижения кислотности кальциевую селитру расплавляли в кристаллизационной воде при 45°C и нейтрализовали газообразным аммиаком до 50% первого водородного иона фосфорной кислоты.

Более глубокая аммонизация приводила к загустеванию массы. После прекращения подачи аммиака полученный продукт перемешивался в течение 30 мин. для установления условного метастабильного равновесия, затем смешивался с растворами мочевины 60-69%-ной концентрации в весовом соотношении 1 : 1, 1 : 0,75, 1 : 0,5. С возрастанием концентрации исходного раствора мочевины температура кристаллизации продукционных растворов повышается, что объясняется увеличением насыщенности раствора солями. Самые низкие температуры кристаллизации (около 1-3°C) у суспензий с повышенной степенью нейтрализации и использовании растворов мочевины 60-62%-ной концентрации. В зависимости от концентрации раствора нитрата кальция, мочевины и степени нейтрализации первого водородного иона  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , жидкое сложное удобрение содержит 16,8-17,8% N и 1,8-2,2%  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Автором [26] была разработана технология получения N-P суспендированного удобрения на основе азотнокислотных растворов фосфатов аммиака и полупродукта цеха карбамида. Сущность процесса получения удобрений состояла в разложении фосфатного сырья 55%-ной

азотной кислотой (для апатита норма кислоты – 120%, фосфорита – 140%), аммонизации растворов до различной степени нейтрализации первого водородного иона фосфорной кислоты (от 10 до 70%) и смешивании с раствором мочевины в весовом соотношении 1:1.

В работе [27] удобрения готовят из водного раствора аммиака с добавкой нитрата аммония, или нитрата кальция, или мочевины. Эти добавки повышают эффективность удобрений и снижают газовое давление аммиака.

Авторами [28] запатентовано непрерывное производство аммиакатов. Аммиакаты, применяемые в качестве удобрений, получают в две ступени. В первой ступени растворы  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  или их смесь насыщают аммиаком, поступающим со второй ступени, при одновременном косвенном и прямом охлаждении смеси водой. Затем раствор направляют во вторую ступень, где его насыщают и охлаждают жидким аммиаком.

В работе [29] жидкое удобрение предложено получать следующим образом: кристаллический  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , полученный при разложении природного фосфата азотной кислотой и содержащий  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и примеси, плавят и обрабатывают аммиаком при нормальном давлении в две ступени: в 1-й аммонизируют частично, отделяют осадок и во 2-й ступени аммонизируют дополнительно. Аммиак, непоглощенный в 1-й ступени, направляют на производство NPK - удобрений, а непоглощенный во 2-й ступени - в 1-ю ступень. Содержание общего азота в конечном растворе регулируют изменением давления во 2-й ступени. Этот раствор содержит 25-32% общего азота.

Для получения жидкого азотно-кальциевого удобрения с возможным содержанием магния [30] к тетрагидрату нитрата кальция или к его смеси с азотной кислотой в водной среде добавляют карбонат, гидроксид или оксид кальция, или магния, или аммония, или комбинацию этих веществ. Нерастворимые соединения отделяют в процессе нейтрализации свободной кислоты осаждением, фильтрацией или центрифугированием.

Суспензионное удобрение, полученное авторами [31] отличается тем, что содержит 1-8% водорастворимого кальция в виде водного раствора нитрата кальция, 5-30% водонерастворимого кальция и (или) магния в виде, по крайней мере, одного соединения из группы, включающей карбонат, фосфат, сульфат, гидроксид, оксид кальция и (или) магния - доломит, магнезит, гашенную известь - пушонку, известняк, жженую известь, шламы очистных станций промышленных вод и 0,5-4% гелеобразующего ила в виде набухшей водной дисперсии.

По работе авторов [32] жидкое азотное удобрение получают следующим образом: тетрагидрат нитрата кальция предварительно обрабатывают раствором карбоната аммония до отношения нитрата кальция к нитрату аммония в жидкой фазе, равному 0,3-1,4. Затем осадок отделяют от жидкой фазы, а последнюю аммонизируют газообразным аммиаком до pH 7,5-12,0 с получением готового продукта. По предложенному способу в жидком удобрении отсутствует твердая фаза, что способствует его длительному хранению при содержании 20-25% общего азота. При выдерживании в течение 5 месяцев при 20°C и 1,5 месяца при температуре (-5) и (-10)°C полученное удобрение не претерпевает никаких изменений.

В работе авторов [33,34] исследованы возможности производства жидких удобрений, содержащих одновременно азот, кальций и магний, путем разложения доломита азотной кислотой с последующей нейтрализацией образовавшегося продукта аммиачной водой. Визуально политермическим методом, исследована растворимость в системе  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{-Mg}(\text{NO}_3)_2\text{-NH}_4\text{NO}_3\text{-H}_2\text{O}$ . Определены кривые кристаллизации, химический состав твердой фазы. Рассчитан химический состав растворов с температурой кристаллизации 0°C.

О возможности получения жидких сложных удобрений хорошего качества (отсутствие кристаллизации при хранении в течение 7 суток при 0°C и 30 суток при 20°C) из экстракционной фосфорной кислоты добавкой суперфосфорной кислоты и суспендирующего агента.

Жидкие удобрения состава  $N:P_2O_5:K_2O$  8-24-0 и 10-20-0 получены из 20%  $P_2O_5$ , представляющей собой суперфосфорную кислоту или аммонизированную суперфосфорную кислоту в виде раствора 11-33-0; состава  $N:P_2O_5:K_2O$  16-16-0, 8-16-8, 7-21-7 и 9-9-9-из 30-40%  $P_2O_5$  в виде суперфосфорной кислоты (11-33-0). Рассматриваемые удобрения имеют такие же высокие концентрации и прозрачность, как и жидкие удобрения при получении их из термической фосфорной кислоты. Добавление суперфосфорной или аммонизированной суперфосфорной кислоты состава 11-33-0 к экстракционной фосфорной кислоте в процессе аммонизации способствует удержанию примесей в виде растворимых комплексов. При получении жидких сложных удобрений из экстракционной фосфорной кислоты с добавкой суперфосфорной или аммонизированной суперфосфорной кислоты необходима определенная последовательность введения компонентов в реактор: вначале подается вода, затем одновременно-суперфосфорная и экстракционная фосфорная кислоты и аммиак, так чтобы поддерживалась рН среды 6,6. Суперфосфорная кислоты до аммонизации не должна входить в контакт с водой. Аммонизированный раствор на основе суперфосфорной кислоты (11-33-0) можно добавлять вместе с водой, не боясь гидролиза. Для снижения температуры кристаллизации сложных жидких удобрений, полученных на основе экстракционной фосфорной кислоты, добавляют суспендирующие агенты (глину, аттапульгит и бентонит). При этом понижение температуры не влияет на кристаллизацию смеси, как образующиеся кристаллы почти не растут и остаются в суспензии, что позволяет получить более концентрированное жидкое сложное удобрение, чем обычные жидкие сложные удобрения без суспензии. В этом случае при слабом перемешивании смесь остается гомогенной.

Основные качества, необходимые для суспендированных удобрений, текучесть, а также гомогенность, которую требуется сохранять при их перемешивании.

Для получения суспендированного удобрения из экстракционной фосфорной кислоты при интенсивном перемешивании водного раствора, кислоты, калийной соли и глинистой пульпы в эту смесь подается аммиак для нейтрализации. При производстве высококачественных суспендированных удобрений особое значение имеет приготовление тонкодисперсной глины. Расход глины зависит от сорта и состава компонентов удобрения, способа нейтрализации, температуры и продолжительности хранения суспендированного удобрения.

Суспендированные удобрения с удовлетворительными физическими свойствами имеют следующие соотношения питательных элементов: N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 12-12-12; 16-8-8; 5-15-15; 8-16-16; 14-9-7.

В работе [35] запатентован процесс аммонизации азотнокислотной вытяжки природного фосфата для получения суспендированного жидкого удобрения. Природный фосфат разлагают смесью HNO<sub>3</sub> и H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (с добавлением анионного ПАВ, например, Na -соли сульфированной олеиновой кислоты в количестве 0,1-0,2% для уменьшения образования пены), часть полученной пульпы аммонизируют до pH 4,5-9 (6,5-7,5), добавляют одновременно остальную пульпу и аммиак в количестве, необходимом для поддержания указанного pH и калийную соль (во время или после аммонизации).

В английском патенте [36] природный фосфат разлагают азотной кислотой либо её смесью с H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и (или) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, кислоту берут с избытком. Затем аммонизируют (до pH <1) так, чтобы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> оставалась водорастворимой; после выдерживания и охлаждения систему гомогенизируют механически и получают стабильную суспензию.

В работах [37,38] для получения жидкого суспендированного и концентрированного по сумме питательных веществ удобрения 62%-ный раствор мочевины и 65%-ный раствор нитрата кальция (побочный продукт азотнокислотного разложения фосфатов) смешивают в весовом соотношении 1 : 1 при температуре 60-65°C с предварительной нейтрализацией Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

аммиаком. При нейтрализации аммиаком образуются фосфорнокислые соли, которые находятся в суспендированном состоянии. Количество осадка фосфорнокислой соли в жидком удобрении зависит от содержания  $P_2O_5$  и степени нейтрализации  $H_3PO_4$ . Скорость осаждения твердой фазы составляет 0,23-0,25 мм/час. Удобрение содержит сумму питательных компонентов, равную 20-23% (азота 17-20%, 1-3%  $P_2O_5$ ).

Для получения суспензионных фосфорных удобрений авторы [39] проводят азотнокислотное разложение фосфоритов при добавлении  $H_3PO_4$  для поддержания отношения  $CaO:P_2O_5$  до 2:1. Смесь обрабатывают аммиаком. Для стабилизации суспензии одновременно с аммиаком вводят глину при поддержании величины pH от 3,4 до 3,8. В качестве стабилизаторов используют глины типа монтмориллонита, в частности, бентонит, который вводят в количестве 2 – 4 % от веса сухого вещества в суспензии.

По патенту [40] используемые в качестве сырья для производства удобрений соли, содержащие кристаллизационную воду, интенсивно смешивают с веществом, практически не содержащим свободной воды, и получают пастообразное вещество со стабильной текучестью, содержащее более 15% воды и соли серной, фосфорной кислот и другие вещества, обычно входящие в состав удобрений. В качестве солей используют  $Ca(NO_3)_2$ ,  $KNO_3$ ,  $Mo(NO_3)_2$ ,  $NH_4NO_3$ , соли фосфорной кислоты и др. Для стабилизации текучести удобрения в состав вводят эмульгаторы или стабилизаторы.

В настоящее время за рубежом производят суспендированные удобрения на небольших промышленных установках, как по «холодному», так и по «горячему» способам; выпускают различные марки этих удобрений с общим содержанием питательных веществ 36—45%, что на много превышает содержание их в обычных жидких удобрениях.

Все марки суспензий имеют более высокое содержание питательных веществ, чем подобные им прозрачные жидкости, и вполне сравнимы с твердыми смесями.

На АО «Самаркандкимё» с мая 2008 г. функционирует опытно-промышленная установка по получению жидкой суспензированной фосфорсодержащей селитры [41-43]. Технология состоит из следующих стадий: разложение рядовой фосфоритовой муки Центральных Кызылкумов азотной кислотой, выпарка нитрофосфатной пульпы и смешение последней с концентрированным раствором нитрата аммония. Производятся две марки (А и Б) этого удобрения. Марка А содержит 7-9% N, 7-9% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, а марка Б – 13-16% N и 4-6% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Разработана рациональная технология получения жидкой суспензированной фосфор- и серосодержащей селитры с инсектицидной активностью путем разложения небогащенной фосфоритной муки при неполной норме азотной кислоты в присутствии нитрата аммония и элементарной серы [44]. В жидкой суспензии азот находится в виде кальциевой и аммиачной селитры, фосфор – моно- и дикальцийфосфатов, а сера – сульфат-иона и элементарной форме. В продукции сера находится полностью в гидрофильном состоянии. При основной и внекорневой подкормке растение одновременно будет обеспечено питательными веществами и защищено от различных болезней и вредителей.

Известен способ [45] получения комплексного суспензированного удобрения путем постепенного введения известняка ракушечника в 40-56 %-ный раствор азотной кислоты, взятой в количестве 100-120 % от стехиометрического, в которой предварительно растворяют моноаммонийфосфат в количестве, обеспечивающем содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в конечном продукте 1-10 %. Полученную смесь выдерживают в течении 2-3 ч при перемешивании, а затем нейтрализуют раствором жидкого азотного удобрения с 27-33 %-ным содержанием общего азота и/или 5-25 % аммиачной воды.

В способе получения комплексных минеральных удобрений на основе разложения шлама камнеобрабатывающей промышленности минеральной кислотой, в качестве которой берут фосфорную или азотную в следующих

соотношениях, мас. шлам 25-70 минеральная кислота 30-75. Для получения удобрений используют шлам следующего состава, мас.  $\text{CaCO}_3$  45-67  $\text{MgCO}_3$  0,20-0,48  $\text{SiO}_2$  10,5-17,8  $\text{Al}_2\text{O}_3$  3,2-4,8  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,8-1,2  $\text{K}_2\text{O}$  1,2-1,8  $\text{TiO}_2$  0,24-0,38  $\text{Na}_2\text{O}$  0,7-1,2  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,08-0,16  $\text{H}_2\text{O}$  16,27 Прочие примеси 0,08-0,98.

В случае обработки шлама фосфорной кислотой при соотношении шлам:кислоты равном 50:50 образуется смесь состава, масс. %:  $\text{CaHPO}_4$  68,5-81,5 (40% водорастворимая форма),  $\text{K}_2\text{O}$  около 1,5,  $\text{H}_2\text{O}$  2-6, балласт 14-21 микроэлементы 1-2. В данном случае следует отметить высокое содержание балластных примесей в удобрении и очень низкую растворимость основного компонента гидроортофосфата кальция, равную 0,02 г на 100 г воды при 25°C, что сказывается отрицательно на процессе усвоения фосфора растениями. По предлагаемому способу можно получать комплексные суспендированные удобрения, содержащие в качестве основных компонентов, мас.  $\text{CaO}$ -3-12; N-6-25;  $\text{P}_2\text{O}_5$  -1-10.

Таким образом, предлагаемый способ позволит получать комплексные суспендированные минеральные удобрения с высоким содержанием усвояемых питательных веществ, как выровненного состава  $\text{CaO:N:P}_2\text{O}_5$  1:1:1, так и с преобладанием одного из элементов питания в зависимости от потребности сельского хозяйства, с хорошими агрохимическими и физико-химическими свойствами.

Сущность способа получения жидких комплексных удобрений [46] состоит в том, что прозрачный раствор жидких комплексных удобрений с низким содержанием нерастворимых в воде примесей и отсутствием углерода получают нейтрализацией экстракционной полифосфорной кислоты газообразным аммиаком. Плав растворяют с получением охлажденного раствора, а нерастворимые примеси углеродорганического происхождения и другие твердые примеси удаляют фильтрацией раствора на фильтре со вспомогательным материалом при толщине слоя 5-30 мм, в качестве которого берут отход производства фторида алюминия, полученный взаимодействием кремнефтористоводородной кислоты и гидроксида

алюминия ( $\text{SiO}_2$  78-94,  $\text{AlF}_3$  6-22), содержащий 45-60 % частиц размером менее 50 мкм с пористостью 0,83-0,85. Способ позволяет повысить степень чистоты раствора жидких комплексных удобрений и интенсифицировать процесс за счет исключения длительного отстаивания суспензии.

Суть способа получения прозрачных жидких комплексных удобрений (ПЖКУ) [47-51] заключается в нейтрализации экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) с массовой долей  $\text{P}_2\text{O}_5$  50-52% калийсодержащим реагентом с введением перед нейтрализацией в ЭФК секвестирующего агента в количестве 0,5-5,0% от массы ПЖКУ и последующего введения макро- и микроэлементов. В качестве секвестирующего агента используют органические соединения из группы, содержащей ОЭДФК, НТФ, ДТПА, ЭДДЯК, ЭДТА и ДБТА, при этом микроэлементы в состав ПЖКУ вводят в форме комплексонатов с соединениями, выбранными из той же группы. Способ позволяет использовать дешевое фосфорсодержащее сырье, получать стабильные жидкие комплексные удобрения по упрощенной технологии. В результате получают 1000 кг ПЖКУ следующего состава: N - 0%;  $\text{P}_2\text{O}_5$  - 10%;  $\text{K}_2\text{O}$  - 10%; Mg - 1%; Ca - 0,025%; Fe - 0,125%. Для получения поливочных растворов ПЖКУ разбавляют в 100 раз.

Известен способ получения удобрений [52,53] для гидропоники, включающий растворение солей нитратов, фосфатов, сульфатов, хлоридов калия, кальция, магния, аммония, железа и микроэлементов в воде, упаривание исходных растворов и их смешение. При этом в целях упрощения процесса и повышения стабильности исходные растворы предварительно смешивают, затем добавляют в смесь комплексон-трилон-Б в количестве 0,07-0,25 г/моль на 1 г-ион суммы многовалентных катионов, а затем упаривают до содержания влаги 5-20 мас.%. В качестве недостатков вышеприведенного способа получения ЖКУ следует отметить: использование в качестве исходных ингредиентов солей - не экономично; наличие стадии упаривания полученных растворов - приводит к повышенным энергозатратам на получение ЖКУ.

Известен способ получения сложного жидкого удобрения, описанный в работе авторов [49] Согласно этого способа на 1-ой стадии получают раствор макроэлементов следующим образом: фосфорная кислота  $\text{H}_3\text{PO}_4$  нейтрализуется поташом, при этом соотношение реагентов варьируют в пределах: (0,5-0,67)-1,0. Затем в нейтрализованную смесь вводят азотный компонент в виде смеси  $\text{NH}_4\text{NO}_3:\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  в следующем соотношении: (1-0)-(3,9-4,9:1). На 2-ой стадии готовят раствор МЭ в хелатной форме, для этого 0,12 моля хелата (комплексообразователя) растворяют в воде, вводят 2 - 3 моля  $\text{NH}_3$  и добавляют 10-15% МЭ в форме солей. На 3-ей стадии смешивают оба раствора с получением готового продукта, содержащего: 12% N; 6,0%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 8%  $\text{K}_2\text{O}$ ; 0,4% МЭ. В качестве недостатков данного способа следует отметить: с целью получения стабильных систем необходимо использовать или термическую фосфорную кислоту, или  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , очищенную от примесей (балластных) до уровня пищевых кондиций. Иначе при нейтрализации  $\text{H}_3\text{PO}_4$  поташом образуется большое количество коллоидных гелей, от которых трудно избавиться; невозможность использования более дешевого фосфорсодержащего сырья - экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК).

В последнее время широкое распространение получило выращивание растений в закрытом и полужакрытом грунтах, где применение ЖКУ высокого качества с малым содержанием нежелательных примесей, наиболее оправдано.

Авторами работ [53-60] предложен способ получения жидкого комплексного удобрения, включающий нейтрализацию экстракционной фосфорной кислоты, полученной из фосфоритов Каратау, раствором карбамида при температуре 95—98°C с получением азотно-фосфорного питательного раствора, содержащего 12—16 % N и 12—16 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ . При этом карбамид берут в мольном соотношении  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2:\text{H}_3\text{PO}_4$ , равном 1,75—2,5:1, процесс нейтрализации ведут в присутствии кальцийсодержащего реагента до достижения рН нейтрализованной суспензии 6,5—7,0. Отделяют образовавшийся осадок и получают питательный раствор с плотностью

1,22—1,28 г/см<sup>3</sup>. В кислой среде при повышенной температуре происходит разложение карбамида с образованием аммиака и углекислого газа. Аммиак нейтрализует фосфорную кислоту с образованием моно- и диаммонийфосфата, а соединения железа, алюминия, фтора выделяются в твердую фазу в виде осадка. Процесс получения базового раствора комплексного удобрения занимает 6—8 часов. Полученное ЖКУ представляет собой раствор карбоаммофосфата, содержащий незначительное количество примесей железа, алюминия, фтора.

Полученный базовый питательный раствор характеризуется содержанием в %: 12—16-N, 12—16-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,01-Fe, 0,02-Al, 0,02-Ca, 0,15-Mg и не более 0,01-F. В процессе синтеза ЖКУ выделение образовавшегося осадка при достижении рН среды 5,0—5,9 обеспечивает глубокую степень очистки питательного раствора от примесей фтористых соединений и полуторных окислов. Именно в этих условиях достигается минимальная растворимость в питательном растворе фтористых солей, соединений железа и алюминия.

Жидкое комплексное удобрение с плотностью 1,23—1,24 г/см<sup>3</sup> содержит по 15 % азота и фосфатов в пересчете на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, имеет температуру застывания, равную минус 22—23°С, вязкость в пределах 4,55—4,6 сст. и представляет собой гомогенный раствор.

Таким образом, предлагаемая технология позволяет производить уравновешенные азотно-фосфорные питательные растворы с высоким содержанием макроэлементов и возможностью регулирования присутствия солей микроэлементов в широких пределах [60-69].

Для суспендирования жидких удобрений подобные примеси не имеют отрицательного значения, так как суспензии готовят с добавлением коллоидной глины (примерно до получения 2%-ных ее взвесей). Все марки суспензий имеют более высокое содержание питательных веществ, чем подобные им прозрачные жидкости, и вполне сравнимы с твердыми смесями. Для предотвращения роста кристаллов и осаждения твердых частиц, а также

с целью повышения концентрации питательных веществ в ЖКУ добавляют стабилизирующие вещества — коллоидные глины, предохраняющие пересыщенный раствор от выпадения твердой фазы. Базисное суспендированное удобрение имеет состав 12—40—0, и на его основе можно готовить тройные ЖКУ различного состава (15—15—15; 10—30—10; 9—27—13 и др.).

Для получения суспензионных фосфорных удобрений проводят азотнокислотное разложение фосфоритов при добавлении  $\text{H}_3\text{PO}_4$  для поддержания отношения  $\text{CaO}:\text{P}_2\text{O}_5$  до 2:1 [74-80]. Смесь обрабатывают аммиаком. Для стабилизации суспензии одновременно с аммиаком вводят глину при поддержании величины pH от 3,4 до 3,8. В качестве стабилизаторов используют глины типа монтмориллонита, в частности, бентонит, который вводят в количестве 2 – 4 % от веса сухого вещества в суспензии. Суспензионное удобрение [81-84] отличается тем, что содержит 1-8% водорастворимого кальция в виде водного раствора нитрата кальция, 5-30% водонерастворимого кальция и (или) магния в виде, по крайней мере, одного соединения из группы, включающей карбонат, фосфат, сульфат, гидроксид, оксид кальция и (или) магния - доломит, магнезит, гашенную известь - пушонку, известняк, жженую известь, шламы очистных станций промышленных вод и 0,5-4% гелеобразующего ила в виде набухшей водной дисперсии. В работе [85] приведена получения суспендированного удобрения марки 25-7-7 на основе мочевины, монокальцийфосфата и хлорида калия по методу Луксена. Изучено некоторых изменений физических свойств во время различных периодов хранения. Результаты показали, что таких удобрений можно использовать в течении 6 месяцев. Цель изобретения в работе [86,87] является сокращение времени механической активации при одновременном увеличении эффективности удобрения за счет повышения степени усвояемости. Поставленная цель достигается тем, что механохимическую обработку фосфатного сырья ведут в азотсодержащем растворе в присутствии  $\text{P}_2\text{O}_5$  в виде полиформ при

соотношении  $P_2O_{5\text{тв.ф.}}$ :  $P_2O_{5\text{ж.ф.}}$  0,54-2,20 при  $70\pm 5$  °С до значения рН 6,5-6, 8. В работе [88-91] с целью повышения суммы питательных веществ при одновременном сохранении устойчивости суспензии, в качестве суспендирующих добавок используют тонкие классы хвостов флотации серных руд в количестве 40-300 г/л и со степенью дисперсности в интервале 0,06-(-0,01) мм. Комплексное суспендированное удобрение [92,93] получают постепенным введением известняка ракушечника в 40-56% ный раствор азотной кислоты, взятой в количестве 100-120% от стехиометрического, в которой предварительно растворяют моноаммонийфосфат в количестве, обеспечивающем содержание  $P_2O_5$  в конечном продукте 1:10. Полученную смесь выдерживают в течении 2-3 ч. при перемешивании, а затем нейтрализуют раствором жидкого азотного удобрения с 27-33%-ным содержанием общего азота или 5-25%-ным аммиачной воды. Изобретение [94] может быть использовано в технологии получения полносоставных суспендированных комплексных удобрений. Способ позволяет получать удобрение с высоким содержанием питательных веществ, лучшими реологическими свойствами, наличием микроэлементов. Способ [95-99] получения суспендированных жидких комплексных удобрений включает смешивание маточного раствора, образующегося при получении кристаллов однозамещенных фосфатов калия и аммония с твердым карбамидом, хлористым калием и аммофосом в соотношении, необходимом для получения требуемых марок суспендированных жидких комплексных удобрений, в течении 10-30 мин, причем в качестве стабилизатора получаемого суспендированного жидкого комплексного удобрения одновременно с твердым компонентами вводят шламовый осадок, образующийся в процессе выщелачивания аммофоса.

Несмотря на это необходимо провести широкомасштабные исследования в области получения стабильных суспендированных удобрений различных марок (NP, PK, NK и NPK) с повышенными питательными компонентами.

Анализ научно-технической литературы показывает, что вопросу получения жидких и суспендированных удобрений на основе переработки природных фосфатов минеральными посвящено много работ. Необходимо отметить, что при сернокислотном разложении фосфатов, в продуктах остается фосфогипс, который сильно ухудшает качество получаемого удобрения. Безотходной технологией можно считать переработку фосфоритов с фосфорной кислотой, так как получается двойной суперфосфат, который является концентрированным удобрением. При сернокислотной переработке можно использовать бедные фосфориты. Азотнокислотная переработка фосфатного сырья является самым прогрессивным и экономичным методом получения фосфорсодержащих комплексных удобрений. Достоинством данного метода является то, что химическая энергия азотной кислоты используется для разложения фосфатного сырья, а также анионы  $\text{NO}_3^-$  в виде питательного компонента остаются в готовом продукте. Но полученные удобрения, из-за высокого содержания высокогигроскопичного нитрата кальция, имеют неудовлетворительные товарные свойства.

Большой научный и практический интерес представляет разработанная технология производства жидкой суспендированной фосфорсодержащей селитры - ЖСФС на основе продуктов азотнокислотного разложения высококарбонатных фосфоритов Центральных Кызылкумов и раствора нитрата аммония. Проведенными опытно-промышленными испытаниями на заводе АО «Samarqandkimyo» установлена возможность получения данного удобрения на базе действующего оборудования производства нитрофоса – нитрокальцийфосфатного удобрения.

Анализ научно-технической литературы также показывает, что в развитых странах (США, Япония и страны Европы) давно изучены проблемы получения жидких и суспендированных удобрений и в настоящее время эта проблема практически решена.

Устойчивые суспендированные удобрения можно получать и без добавления стабилизирующего агента, если соблюдается определенный режим введения компонентов.

К настоящему времени разработаны и получили широкое распространение технологии, где в качестве фосфатного компонента используются жидкие соединения - полифосфаты (ЖКУ) или твердые – орто- и полифосфаты (моноаммонийфосфат- МАФ, диаммонийфосфат – ДАФ, и полифосфат аммония - ПФА). Более половины суспензий, производимых в США, изготавливают из твердых МАФ и ДАФ. Содержание  $P_2O_5$  в основах колеблется от 27 до 36%. Более низкие цены и расходы на доставку МАФ и ДАФ делают их экономически выгодными для производства суспензий.

Известно, что наши предприятия в основном производят твердые удобрения. Жидкие и суспендированные удобрения практически не производят. Как выше указывалось, ЖКУ и СКУ имеют ряд преимуществ перед твердыми.

Не изучены теоретические и практические аспекты производства жидких и суспендированных сложных удобрений на основе местного сырья.

Исходя из вышеизложенного следует отметить, что проведение широкомасштабных исследований в области получения устойчивых суспендированных удобрений различных марок (NP, NPCa, NPK, NPKCa) на основе продуктов азотнокислотного разложения кальцийсодержащего техногенного отхода, аммофоса, раствора КАС, хлорида калия и др. с повышенным питательных компонентов, является актуальной задачей. Этой актуальной проблеме посвящена настоящая диссертационная работа. В научно-технической литературе по данным вопросам сведений практически не имеется. Также не затронуты вопросы получения различных марок жидких и суспендированных сложных удобрений с различными соотношениями питательных веществ.

Для получения образцов суспендированных сложных удобрений кальцийсодержащий промышленный шлам цеха водоподготовки АО «Ферганаазот» разлагали неконцентрированной азотной кислотой. Стехиометрическую норму азотной кислоты рассчитывали на разложение карбонатных минералов шлама с образованием нитратов кальция и магния.

Разложение шлама азотной кислотой осуществляли при температуре 20-30 °С и постоянном перемешивании в стеклянном реакторе в течение 15-25 мин. Расчетное количество азотной кислоты подавали в кальцийсодержащий шлам в течение 3-5 мин. При этом в реакторе происходило интенсивное взаимодействие кислоты с компонентами высококарбонатного сырья. Процесс разложения в начале осуществлялся в твердофазном режиме, поэтому при контакте высококарбонатного шлама с неполной нормой азотной кислоты практически не наблюдалось обильного пенообразования, так как практически отсутствовала жидкая фаза. После разложения к полученной пульпе добавляли оставшееся расчетное количество азотной кислоты.

При получении суспендированных сложных NP-удобрений с различными соотношениями питательных веществ азотно-фосфорнокислотную пульпу, полученную путем аммонизации аммофоса или кормового фосфата аммония аммиачной водой или продукты азотнокислотного шлама, смешивали с расчетным количеством раствора КАС, нитрата аммония, карбамида. А при получении суспендированных тройных NPK-удобрений, суспензию NP-удобрений смешивали дополнительно расчетным количеством хлорида калия.

Для изучения процесса пенообразования разложение карбонатного шлама кислотой проводили на лабораторной установке, состоящей из трубчатого стеклянного зашкаленного реактора, помещенного в водный термостат, снабженного мешалкой с электроприводом. Скорость вращения мешалки, регулируемым реостатным устройством измеряли тахометром ТМ-3М с использованием датчика Д-1ММ. Температуру в термостате

поддерживали 40<sup>0</sup> С с помощью термометра ТК-300И и электронного реле РТ-230У. Продолжительность процесса разложения составляла 25-30 мин.

Кратность пены  $K_{п}$  при азотнокислотной переработке высококарбонатного шлама определяли как отношение общей высоты пульпы и пены к высоте пульпы по формуле:

$$K_{п} = \frac{(h_{п} + h_{ж})}{h_{ж}}$$

где,  $h_{п}$  – высота пены, мм;

$h_{ж}$  – высота жидкой фазы в мм[100].

Для получения новых видов суспендированных удобрений использованы следующие компоненты:

- кальцийсодержащий шлам цеха водоподготовки АО «Farg'onaazot» (KSt 6-00203855-32:2005), содержащий не менее 80 % карбонатов кальция и магния, 10,0 % влаги. Он взрыво- и пожаробезопасен. Длительная работа в атмосфере, содержащей кальцийсодержащий шлам, приводит к профессиональному заболеванию (пневмокониоз). Класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88 – 3. ПДК в воздухе рабочей зоны 20 мг/м<sup>3</sup>;

- аммофос (ГОСТ 18918-85) содержит 11-13 % общего азота, 44-52 % усвояемых фосфатов. Он взрыво- и пожаробезопасен. Пыль аммофоса вызывает раздражение верхних дыхательных путей. Класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88 – 4. ПДК в воздухе рабочей зоны 6 мг/м<sup>3</sup>;

- кормовой фосфат аммония -КФА содержит 12 % общего азота, 53 % усвояемых фосфатов. Он взрыво- и пожаробезопасен. Пыль КФА вызывает раздражение верхних дыхательных путей. Класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88 – 4. ПДК в воздухе рабочей зоны 6 мг/м<sup>3</sup>;

- калий хлористый кристаллический (или порошкообразный) (ГОСТ 4568-95) содержит 90-96 % хлорида калия или 58-61 % К<sub>2</sub>О. Он взрыво- и пожаробезопасен. Пылевидные частицы хлористого калия, попадая на

кожные раны, ухудшают их заживление. На неповрежденную кожу хлористый калий вредного действия не оказывает. Класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88 – 3. ПДК в воздухе рабочей зоны 5 мг/м<sup>3</sup>;

- аммиачная селитра (ГОСТ 2-85Е) содержит 34,4 % азота. Она взрыво- и пожароопасна. Длительное вдыхание пыли приводит к развитию хронического воспаления слизистой оболочки трахеи и бронхов (трахеобронхиту), изменениям функции печени и почек. При попадании в желудочно-кишечный тракт приводит к острому отравлению. Класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88 – 4. ПДК в воздухе рабочей зоны 10 мг/м<sup>3</sup>;

- карбамид (ГОСТ 2081-92Е) содержит не менее 46,20 % азота. Длительное вдыхание пыли карбамида приводит к развитию хронического воспаления слизистой оболочки трахеи и бронхов (трахеобронхиту), изменениям функции печени и почек. Класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88 – 3. ПДК в воздухе рабочей зоны 10 мг/м<sup>3</sup>;

- раствор КАС - жидкое азотное удобрение АО «Ферганаазот». Он не является пожароопасным и термически устойчив. КАС получается на основе смешивания 68-71,2 %-ного раствора карбамида и 89-91 %-ного раствора аммиачной селитры, нетоксичная жидкость, но при длительном воздействии может вызвать раздражение кожи. ПДК смеси паров и аэрозоля КАС в воздухе рабочей зоны производственных помещений – 25 мг/м<sup>3</sup>. По степени воздействия на организм КАС относится к веществам 4-го класса опасности по ГОСТ 12.1.007.

Для физико-химического обоснования технологии получения новых видов удобрений, а также с целью оценки возможностей транспортировки с использованием существующего на предприятии оборудования определен химический состав и изучены физико-механические свойства кальцийсодержащего шлама цеха водоподготовки АО «Farg'onaazot». В таблице 1.1 приведены результаты химического анализа исходного сырья.

Таблица 1.1

## Химический состав исходного сырья, %

Наименование	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Кальцийсодержащий шлам	-	-	-	44,95	2,00	37,51	15,01
Аммофос	10	44,00	-	-	-	-	0,63
КФА	12	53,00	-	-	-	-	0,51
КАС	28,05	-	-	-	-	-	29,80
Аммиачная селитра	34,00	-	-	-	-	-	0,08
Карбамид	46,00	-	-	-	-	-	0,07
Хлорид калия	-	-	60	-	-	-	1,07
Бентонит	-	1,56	0,92	15,1	3,42	3,5	1,21

## Растворимость в воде:

-хлорида калия - 28 (0°), 31,2 (10°), 34,4 (20°), 36 (25°), 37,4 (30°), 40,3 (40°), 45,8 (60°), 51,1 (80°), 56 (100°), 68 (150°), 81,5 (200°);

-нитрата аммония - 119 (0°), 150 (10°), 212 (25°), 346 (50°), 600 (80°);

-карбамида - 40,00 (0°), 51,83 (20°), 57,18 (30°), 63,80 (40°), 67,23 (50°), 69,58 (55°).

Установлено, что основным компонентом шлама является углекислый кальций. Комплексонометрическим методом с индикаторами флуорексона и хром-темно-синего титрованием раствором трилона Б осуществляли определение окиси кальция и магния в азотнокислотной вытяжке. Диоксид углерода определяли обработкой навески образца соляной кислотой с последующим поглощением CO<sub>2</sub> раствором щелочи. Влагу определяли высушиванием до постоянной массы при температуре 80-105°С.

На основании химического анализа установлено, что кальцийсодержащий шлам практически не растворим в воде. Процесс растворения - разложения шлама в растворе азотной кислоты сопровождается бурным пенообразованием. Шлам в основном состоит из

карбоната кальция – 80,25%, карбоната магния 5,00%. Нерастворимый остаток в азотной кислоте составляет – до 1 %.

Содержание всех форм  $P_2O_5$  (общей, усвояемой, водорастворимой) в исходном сырье и полученных продуктах определяли фотокалориметрическим методом в виде желтого фосфорнованадиевомолибденового комплекса на фотокалориметре КФК-3 ( $\lambda=440$  нм) [102; С.16-22, 102; 22с.]. Содержание азота – методом отгонки аммиака по Кьельдалю и хлораминовым методом [103; 7с.]. Содержание калия в полученных образцах определяли по методике [104; С.11-18]. Определение содержания всех форм кальция проводили объемным комплексонометрическим методом титрования трилоном Б в присутствии индикаторов флуорексона или хром-темносинего.

Вязкость образцов жидких и суспендированных удобрений определяли с помощью стеклянного капиллярного вискозиметра марки ВПЖ-2 с диаметром 0,77 мм в интервале температур 20–60 °С.

Плотность определяли пикнометрическим методом.

Температуру кристаллизации жидких суспендированных удобрений определяли визуально-политермическим методом. При этом использовали осветленную часть удобрений, так как при использовании суспендированных жидких удобрений невозможно определить температуру замерзания за счет мутнения растворов.

Для организации новых производств по выпуску кальцийсодержащих удобрений из отходов необходимы данные по свойствам сырья и готового продукта, т.к. эти характеристики используются при проектировании размеров выпускных отверстий, углов наклона стенок, расположения направляющих лотков и т.д.

Известно, что у многих пылевидных и порошковидных материалов физико-механические свойства существенно изменяются при увеличении влажности и плотности. Это обстоятельство вызывает ряд трудностей при проектировании и эксплуатации систем доставки внутри

заводского транспорта, силосного хозяйства, узлов дозирования. В таблице 1.2 приведены свойства исходного сырья.

**Таблица 1.2**

Физико-механические свойства исходного сырья

№	Наименование	влажность, %	плотность, г/см <sup>3</sup>	объемный вес, кг/м <sup>3</sup>	уголь откоса, °0	текучесть, с
1	Шлам	15,11	1,80	1,4	-	-
2	Аммофос	1,22	1,54	1,1	29	18
3	КФА	1,27	1,60	1,2	30	18
4	КАС	29,80	1,28	-	-	3
5	Аммич.селитра	0,46	1,34	1,1	25	20
6	Карбамид	0,54	1,32	1,1	22	19
7	Хлорида калия	1,36	1,95	1,2	38	23
8	Бентонит	1,86	2,24	1,2	40	24

К числу параметров, позволяющих оценивать подвижность частиц сыпучего материала, относится угол естественного откоса его свободной поверхности. Чем меньше угол откоса, тем большей подвижностью обладают частицы сыпучей среды. Кроме того, величина угла откоса позволяют правильно выбрать размеры хранилищ, определить контур свободного насыпного материала на несущем элементе транспортной установки.

Насыпной вес характеризует подвижность твердых частиц сыпучей среды и необходим для определения основных параметров ее движения в емкости хранения, а также режимов истечения через разгрузочные устройства бункеров, силосов, питателей. Значение насыпного веса образцов необходимо для определения основных размеров бункеров, производительности транспортирующих и дозирующих устройств, расчета давлений, оказываемых сыпучим материалом на стенки и затворы сосудов.

Определение текучести образцов через воронки диаметром 4 мм показывает, что влажный кальцийсодержащий шлам практически не течет.

## ГЛАВА II. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СУСПЕНДИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ

### § 2.1. Получение суспендированных сложных удобрений на основе аммофоса, раствора КАС и хлорида калия

Для разработки технологии получения суспендированных сложных удобрений (ССУ) приготовлена базисная суспензия путем обработки гранулированного аммофоса аммиачной водой при температуре 25-60 °С в течение 15-20 мин. Полученную пульпу (табл.2.1) при постоянном перемешивании охлаждают до комнатной температуры [105].

Таблица 2.1

Химический состав базисной суспензии в зависимости  
от соотношения N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

Массовое соотношение Аммофос:NH <sub>4</sub> OH (25% NH <sub>3</sub> )	Соотношение N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Аммофос	25%-ный раствор аммиака	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Σ NP
1:1	0,68:1	50,00	50,00	15,29	22,50	37,50	37,79
1:0,75	0,56:1	57,14	42,90	14,54	25,71	32,14	40,25
1:0,5	0,45:1	66,67	33,30	13,53	30,00	25,00	43,53
1:0,25	0,33:1	80,00	20,00	12,11	36,00	15,00	48,11
1:0,1	0,27:1	90,91	9,09	10,96	40,91	6,82	51,87

Приготовление базисной суспензий на базе моноаммонийфосфата (МАФ) состоит из двух этапов: получение базисной суспензии с соотношением N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 0,33 (в МАФ оно равно 0,2) и приготовление на ее

основе заданного суспендированного удобрения. Из МАФ готовят базисные суспензии путем аммонизации до соотношения  $N:P_2O_5 = 0,33$ , что сопровождается разрушением гранул. Необходимость точного соблюдения соотношения  $N:P_2O_5 = 0,33$  вызвана тем, что именно при таком соотношении образуются кристаллы диаммонийфосфата (ДАФ), более легкие и мелкие, чем кристаллы МАФ, имеющие удлиненную форму. Увеличение соотношения ведет к образованию более крупных кристаллов ДАФ, а уменьшение – к образованию МАФ.

Установлено, что при соотношении аммофоса к аммиачной воде 1:1 получается базисная суспензия с соотношением  $N:P_2O_5 = 0,68:1$  и содержит 15,29 % азота и 22,50% фосфора. Сумма питательных веществ составляет 37,79%. С увеличением нормы аммофоса повышается сумма питательных веществ.

С повышением соотношения аммофос: $NH_4OH$  снижается содержание воды. При соотношении  $N:P_2O_5 = 0,33:1$  получается стабильная однородная суспензия, содержащая 12,11% азота, 36,00% фосфора и 15,00 % воды. Сумма питательных веществ составляет 48,11%.

Для получения уравновешенного азотно-фосфорного ССУ к полученной базисной суспензии добавили раствор КАС – 28 и воду до получения продукта, содержащего 30%  $H_2O$ . Результаты (табл.3.2) показывают, что в продукте азот находится в виде амидной, аммонийной и нитратной формах. Например, суспендированное NP-удобрение, полученное при соотношении базисной суспензии  $N:P_2O_5 = 1:1$ , 17,90% общего азота, из них 13,60% находится в аммонийной форме, а 2,86 и 1,44 % соответственно в амидной и нитратной формах, 17,91 % фосфор ( $P_2O_5$ ) и 35,85 % воды. При оптимальном соотношении базисной суспензии  $N:P_2O_5 = 1:0,25$  продукт содержит 17,37% общего азота, в том числе 8,73% находится в аммонийной форме, а 5,74 и 2,89 % соответственно в амидной и нитратной формах, 17,36

% фосфор ( $P_2O_5$ ) и 30,00 % воды Сумма питательных веществ в зависимости от нормы КАС составляет 33,98-35,80%.

Получение азотно-фосфорно-калийного ССУ осуществлено на основе базисной суспензии, раствора КАС-28, хлорида калия и воды. Растворение раствора КАС и хлорида калия в базисной суспензии проводятся при температуре 80-95°C и постоянном перемешивании продукции. Полученного ССУ охлаждают до комнатной температуры. ССУ в зависимости от нормы компонентов содержит 14,14-15,58% азота, из них 45,12-76,00% находится в аммонийной форме, 36,49-15,98% в амидной форме и 18,39-8,02% в нитратной форме. Сумма питательных веществ при соотношении N: $P_2O_5$ : $K_2O$  1:1:0,5 составляет 35,34-38,95%.

**Таблица 2.2**

Химический состав ССУ (N: $P_2O_5$ =1:1) на основе базисной суспензии в зависимости от нормы раствора КАС, %

Аммофос: $NH_4OH$	КАС		$H_2O$	N				$P_2O_5$	$\Sigma NP$
	$NH_4NO_3$	$(NH_2)_2CO$		общ	амм	амид	нит		
1:1	8,22	6,21	35,85	17,90	13,60	2,86	1,44	17,91	35,80
1:0,75	11,45	8,66	31,36	18,38	12,40	3,98	2,00	18,39	36,77
1:0,5	14,19	10,69	29,98	18,03	10,61	4,93	2,48	18,04	36,07
1:0,25	16,51	12,50	30,00	17,37	8,73	5,74	2,89	17,36	34,74
1:0,1	17,83	13,48	30,00	16,98	7,67	6,20	3,12	16,99	33,98

Известно, что суспендированные сложные удобрения - грубодисперсные системы. Для стабилизации продукта, получения гомогенной массы по всему объему и повышения устойчивости в состав суспендированных удобрений вводится стабилизатор. Роль стабилизатора двоякая: повышая вязкость, он повышает агрегативную устойчивость суспензии и препятствует вторичному росту кристаллов в процессе хранения.

Для стабилизации суспендированных сложных удобрений в систему при постоянном перемешивании и температуре 40-60°C вводили 2 % от массы готовой продукции бентонитовые глины (водные суспензии). Определена стабильность, т.е. расслаиваемость удобрений в зависимости от соотношения питательных веществ и времени хранения. Расслаиваемость суспензии определена как соотношение высоты прозрачной части суспензии к общей высоте продукта.

Проведенные измерения высоты прозрачной части суспендированных удобрений, полученных на основе аммофосной базисной суспензии, раствора КАС и хлорида калия, показали, что с увеличением времени хранения повышается степень расслаиваемости суспензии. Например, при соотношении  $N:P_2O_5:K_2O$  1:1:0,5 через сутки расслаиваемость составляет 3,33 %, через 6 суток она равна 14,67 %, а через 40 суток – 32,41 %. Результаты по определению расслаиваемости бентонитсодержащих сложных удобрений показывают, что при введении бентонитовой водной суспензии в готовый продукт стабильность его повышается в два раза.

В таблице 2.3 приведен химический и солевой состав стабилизированного бентонитом ССУ на основе базисной суспензии, раствора КАС-28 и хлорида калия. Сложное NPK-удобрение, полученное при соотношении базисной суспензии  $N:P_2O_5=1:0,25$  содержит 14,09% азота, 14,10 % фосфора, 7,06% калия ( $K_2O$ ), 2 % бентонита и 29,42 % воды. Сумма питательных компонентов составляет 34,63-38,17%. Определение реологических свойств ССУ (табл.2.4) показывает, что с повышением температуры уменьшается их вязкость и плотность. Температура кристаллизации ССУ в зависимости от нормы компонентов составляет -4,2 - -4,8°C. На основе полученных результатов рассчитан материальный баланс (рис.2.1, 2.2) получения суспендированных NP- и NPK- удобрений на основе аммофоса, раствора КАС и хлорида калия.

Таблица 2.3

Химический состав стабилизированного ССУ (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:1:0,5) на основе базисной суспензии в зависимости от нормы раствора КАС и хлорида калия, %

Аммофос: NH <sub>4</sub> OH	КАС		КСl	H <sub>2</sub> O	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Бен-тонит	Σ NPK	
	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO			общ	Амм	амид					нитр
1:1	7,01	5,30	12,72	30,57	15,27	11,6	2,44	1,22	15,27	7,63	2,00	38,171
1:0,75	9,36	7,08	12,52	29,41	15,02	10,13	3,25	1,64	15,02	7,51	2,00	37,554
1:0,5	11,45	8,65	12,12	29,40	14,55	8,56	3,98	2,01	14,55	7,27	2,00	36,378
1:0,25	13,41	10,11	11,75	29,42	14,09	7,08	4,66	2,34	14,10	7,06	2,00	35,251
1:0,1	14,53	11,01	11,53	29,40	13,86	6,25	5,06	2,55	13,86	6,92	2,00	34,633

Таблица 2.4

Свойство СУ (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:1:0,5) на основе базисной суспензии, раствора КАС и хлорида калия

Аммофос: NH <sub>4</sub> OH	Температура, °C												
	Вязкость, спз						Плотность, г/см <sup>3</sup>						Температура кристаллизация, °C
	20	30	40	50	20	30	40	50	20	30	40	50	
1:1	16,09	12,6	10,25	9,41	1,343	1,337	1,326	1,311	1,343	1,337	1,326	1,311	-4,8
1:0,75	16,59	12,53	9,66	9,33	1,345	1,339	1,326	1,308	1,345	1,339	1,326	1,308	-4,6
1:0,5	17,08	14,09	11,32	10,14	1,347	1,341	1,328	1,309	1,347	1,341	1,328	1,309	-4,5
1:0,25	17,62	15,7	13,02	10,99	1,35	1,343	1,331	1,311	1,35	1,343	1,331	1,311	-4,3
1:0,1	17,74	14,54	11,67	10,47	1,354	1,347	1,335	1,315	1,354	1,347	1,335	1,315	-4,2

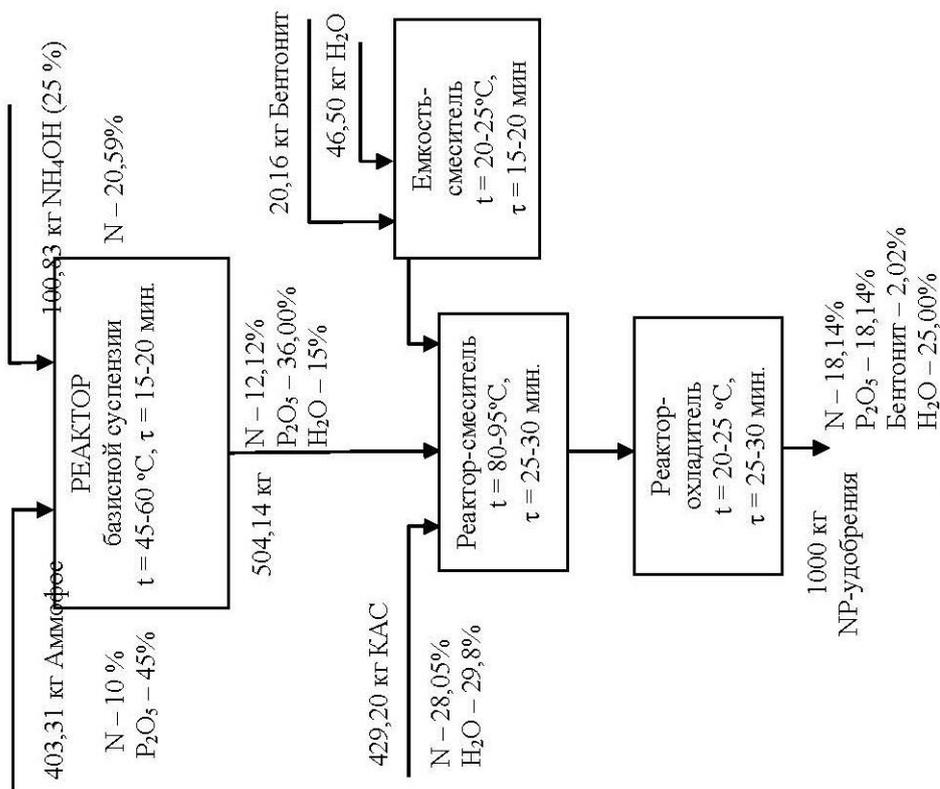


Рис.2.1 Материальный баланс получения суспендированного сложного NР-удобрения на основе аммофоса и раствора КАС

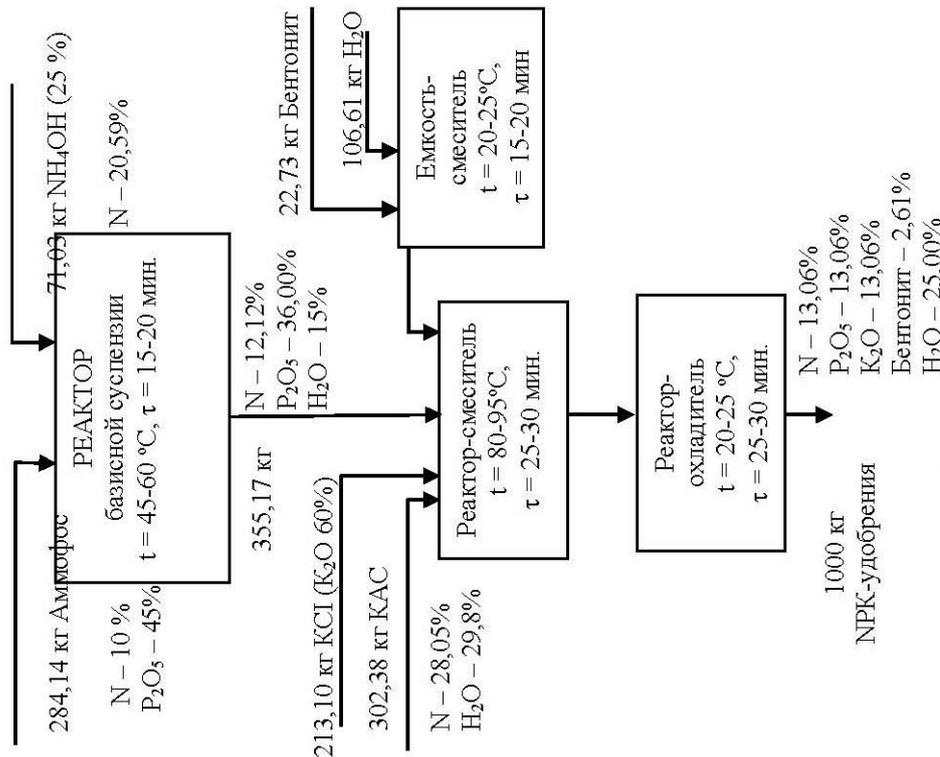
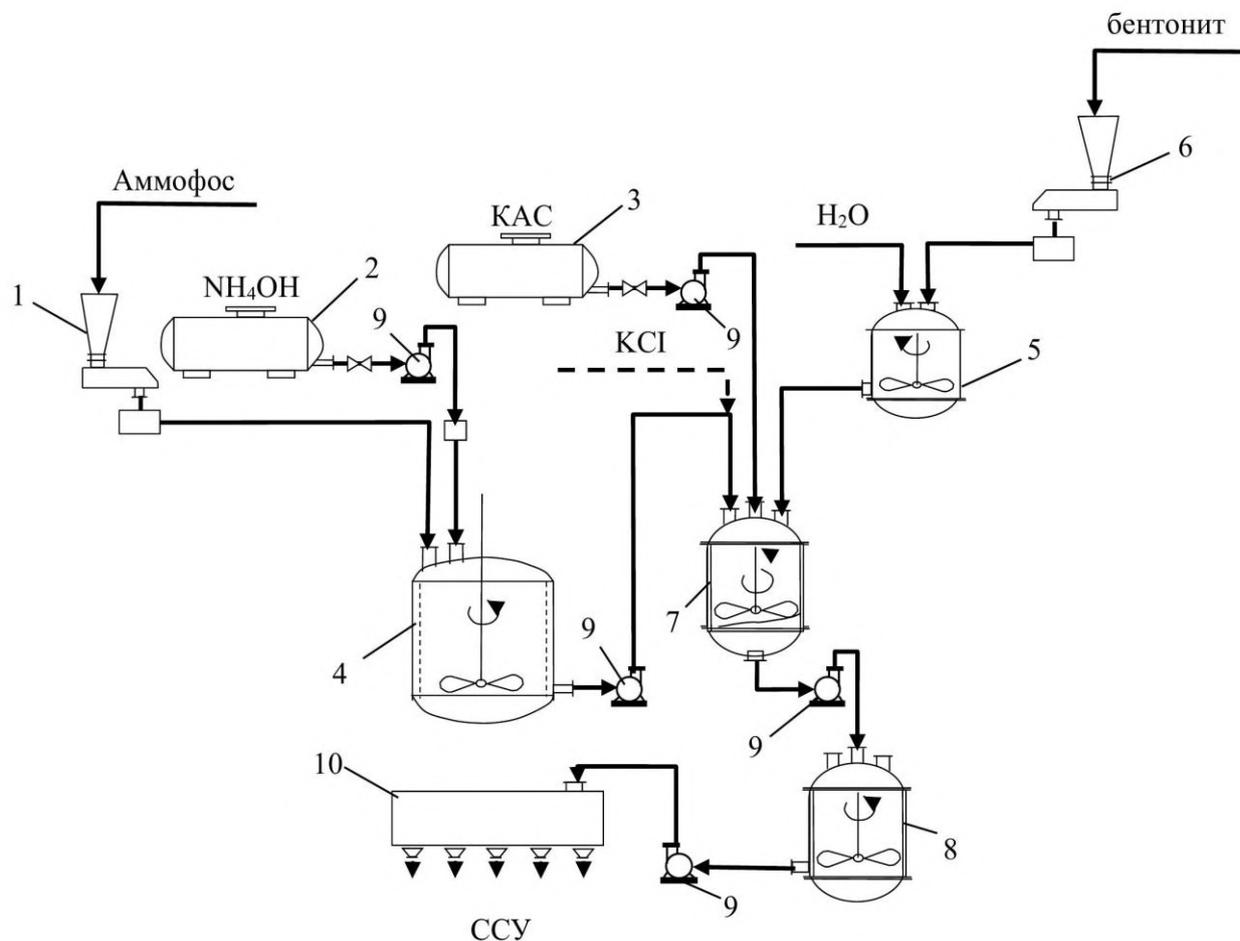


Рис.2.2 Материальный баланс получения суспендированного сложного NРК-удобрения на основе аммофоса, раствора КАС и хлорида калия

На основе технологических исследований предложена принципиальная технологическая схема получения суспендированных NP- и NPK-удобрений на основе базисной суспензии, раствора КАС и хлорида калия (рис. 2.3).



**Рис. 2.3. Принципиальная схема производства, стабилизированного бентонитом ССУ на основе базисной суспензии, раствора КАС и хлорида калия по интенсивному методу:**

*1,6-бункер, 2,3-цистерна, 4-нейтрализатор, 5,7-реактор-смеситель, 8- реактор-охладитель; 9- насосы, 10-рампа*

## § 2.2. Получение суспендированных сложных удобрений на основе аммофоса, нитрата аммония и хлорида калия

Для получения уравновешенного азотно-фосфорного ССУ к полученной базисной суспензии добавили гранулированный нитрат аммония (аммиачная селитра) и воду до получения продукта, содержащего 30% H<sub>2</sub>O. Результаты (табл.2.5) показывают, что 70%-ная ССУ в зависимости от нормы нитрата аммония содержит 16-18 % общего азота, из них 10,15-15,66% находится в аммонийной форме, а 2,99-5,86% в нитратной форме. Например, суспендированное NP-удобрение, полученное при соотношении базисной суспензии N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=1:1, 18,65% общего азота, из них 15,66% находится в аммонийной форме, а 2,99% соответственно в нитратной форме, 18,66 % фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и 31,09 % воды. При оптимальном соотношении базисной суспензии N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=1:0,25 продукт содержит 16,44% общего азота, в том числе 10,98% находится в аммонийной форме, а 5,46 % в нитратной форме, 16,45 % фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и 30,00 % воды. Сумма питательных веществ в зависимости от нормы КАС составляет 32,04-37,31%. [106]

**Таблица 2.5**

Химический и солевой состав ССУ (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=1:1) на основе базисной суспензии в зависимости от нормы нитрата аммония, %

Аммофос: NH <sub>4</sub> OH	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Σ NP
			общ	амм	нит		
1:1	17,08	31,09	18,65	15,66	2,99	18,66	37,31
1:0,75	22,39	30,00	18,04	14,11	3,92	18,04	36,07
1:0,5	26,99	30,00	17,20	12,47	4,72	17,21	34,4
1:0,25	31,18	30,00	16,44	10,98	5,46	16,45	32,88
1:0,1	33,51	30,00	16,02	10,15	5,86	16,02	32,04

В таблице 2.6 приведен химический состав стабилизированного ССУ на основе базисной суспензии, гранулированного нитрата аммония и хлорида калия. В данном ССУ азот находится в аммонийной и нитратной формах.

Сумма питательных веществ в зависимости от соотношения компонентов составляет 32,96-41,30 %. Температура кристаллизации ССУ в зависимости от количества в нём нитрата аммония и хлорида калия составляет -3,9 - -4,6 °С.

**Таблица 2.6**

Химический состав стабилизированного ССУ (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:1:0,5) на основе базисной суспензии в зависимости от нормы нитрата аммония и хлорида калия, %

Аммофос: NH <sub>4</sub> OH	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	KCl	H <sub>2</sub> O	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Бен-тонит	Σ NPK
				общ	Амм	нит				
1:1	15,12	13,77	29,40	16,51	13,87	2,65	16,52	8,26	2,00	41,30
1:0,75	18,07	12,12	29,42	14,54	11,39	3,16	14,55	7,27	2,00	36,37
1:0,5	21,95	11,66	29,40	13,98	10,14	3,84	13,99	6,99	2,00	34,98
1:0,25	25,55	11,23	29,41	13,47	8,99	4,47	13,48	6,74	2,00	33,68
1:0,1	27,58	10,99	29,40	13,18	8,35	4,83	13,18	6,59	2,00	32,96

**Таблица 2.7**

Свойство стабилизированного бентонитом ССУ (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:1:0,5) на основе базисной суспензии, нитрата аммония и хлорида калия

Аммофос: NH <sub>4</sub> OH	Температура, °С								Температура Кристалл., °С
	Вязкость, спз				Плотность, г/см <sup>3</sup>				
	20	30	40	50	20	30	40	50	
1:1	18,55	17,8	14,67	11,53	1,356	1,347	1,332	1,309	-4,6
1:0,75	18,73	16,69	13,39	10,64	1,361	1,352	1,335	1,316	-4,5
1:0,5	19,07	17,58	14,18	11,46	1,362	1,353	1,336	1,319	-4,3
1:0,25	19,46	18,53	15,02	12,33	1,364	1,355	1,337	1,323	-4,1
1:0,1	19,56	18,62	15,12	12,42	1,367	1,358	1,34	1,329	-3,9

На основе полученных результатов рассчитан материальный баланс получения суспендированных NP- и NPK- удобрений на основе аммофоса, нитрата аммония и хлорида калия.

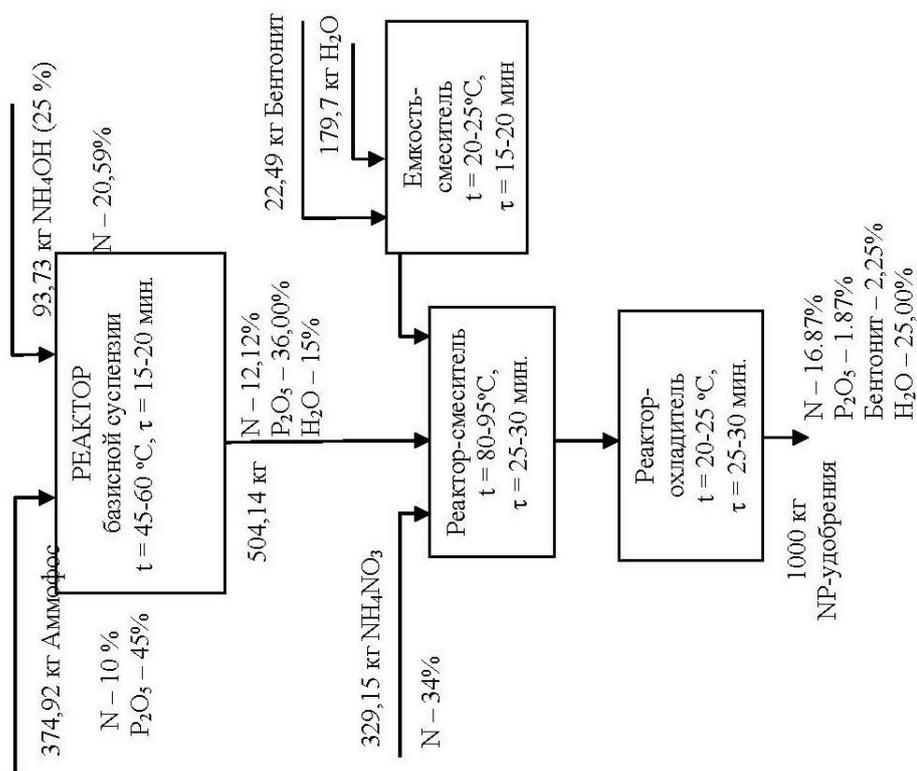


Рис.2.4 Материальный баланс получения суспендированного сложного НР-удобрения на основе аммофоса и нитрата аммония

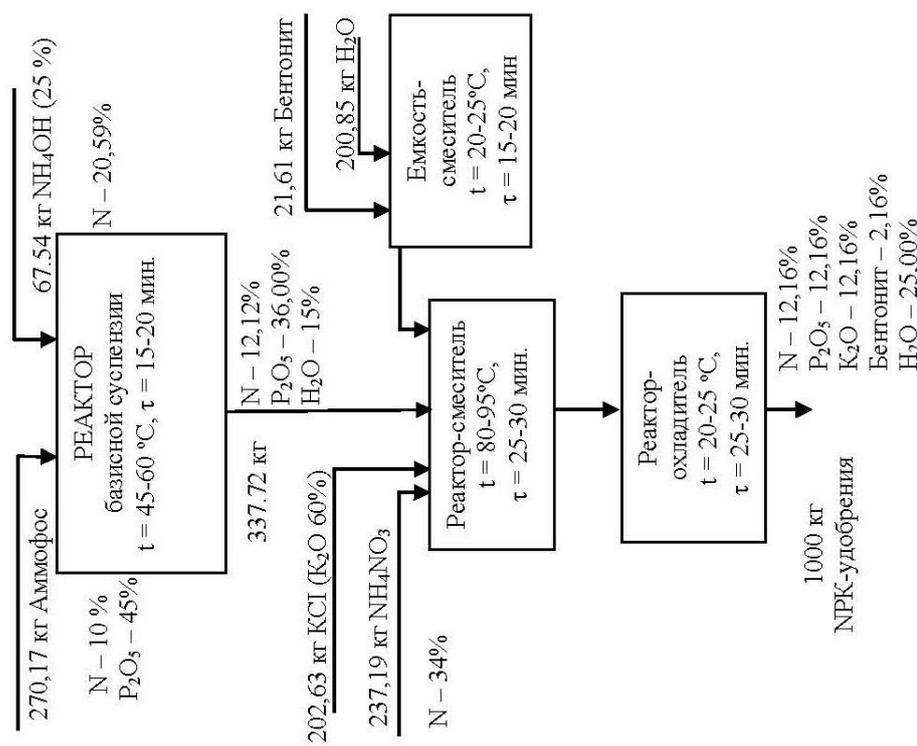


Рис.2.5 Материальный баланс получения суспендированного сложного НРК-удобрения на основе аммофоса, нитрата аммония и хлорида калия

### § 2.3. Получение суспендированных сложных удобрений на основе аммофоса, карбамида и хлорида калия

ССУ (табл.2.8) получено на основе базисной суспензии, гранулированного карбамида и воды. В удобрении азот находится в виде аммонийной и амидной формах. Сумма питательных веществ составляет 36,18-38,90 %.

Полученные NP и NPK ССУ при соблюдении нормы компонентов и технологических условий стабильны.

**Таблица 2.8**

Химический состав ССУ (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=1:1) на основе базисной суспензии в зависимости от нормы карбамида, %

Аммофос: NH <sub>4</sub> OH	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	H <sub>2</sub> O	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Σ NP
			общ	амм	амид		
1:1	13,55	32,42	19,45	13,22	6,23	19,45	38,90
1:0,75	18,46	30,00	19,53	11,04	8,488	19,53	39,05
1:0,5	22,62	30,00	18,95	8,54	10,41	18,95	37,90
1:0,25	26,55	30,00	18,40	6,19	12,21	18,40	36,80
1:0,1	28,79	30,00	18,09	4,85	13,24	18,09	36,18

**Таблица 2.9**

Химический состав стабилизированного ССУ (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:1:0,5) на основе базисной суспензии в зависимости от нормы карбамида и хлорида калия, %

Аммофос: NH <sub>4</sub> OH	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	KCl	H <sub>2</sub> O	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Бен-тонит	Σ NPK
				общ	амм	амид				
1:1	11,09	13,27	29,42	15,92	10,82	5,10	15,93	7,967	2	39,81
1:0,75	14,68	12,94	29,40	15,53	8,78	6,75	15,52	7,762	2	38,81
1:0,5	18,09	12,63	29,41	15,11	6,83	8,28	15,16	7,575	2	37,85
1:0,25	21,33	12,33	29,41	14,77	4,98	9,79	14,79	7,399	2	36,96
1:0,1	23,22	12,15	29,40	14,56	3,91	10,70	14,58	7,321	2	36,46

**Таблица 2.10**

Реологические свойства стабилизированного ССУ (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:1:0,5) на основе базисной суспензии, карбамида и хлорида калия

Аммофос: NH <sub>4</sub> OH	Температура, °С								Температура кристалл., °С
	Вязкость, спз				Плотность, г/см <sup>3</sup>				
	20	30	40	50	20	30	40	50	
1:1	20,2	19,14	16,89	13,12	1,382	1,371	1,346	1,31	-4,7
1:0,75	21,09	20,09	18,45	14,11	1,394	1,382	1,358	1,322	-4,6
1:0,5	21,15	20,14	18,5	14,16	1,411	1,399	1,375	1,339	-4,4
1:0,25	21,25	20,25	18,6	14,27	1,428	1,416	1,392	1,356	-4,2
1:0,1	24,35	22,96	20,68	18,09	1,434	1,422	1,398	1,362	-4,0

На основе полученных результатов (рисунок 2.6 и 2.7) рассчитан материальный баланс получения суспендированных NP- и NPK- удобрений на основе аммофоса, карбамида и хлорида калия.

На основании проведенных лабораторных и технологических исследований разработана и предложена гибкая технологическая схема получения стабилизированных суспендированных сложных удобрений из базисной суспензии, полученной путем аммонизации измельченного аммофоса аммиачной водой, раствора КАС (или аммиачной селитры или карбамида), хлорида калия и бентонита.

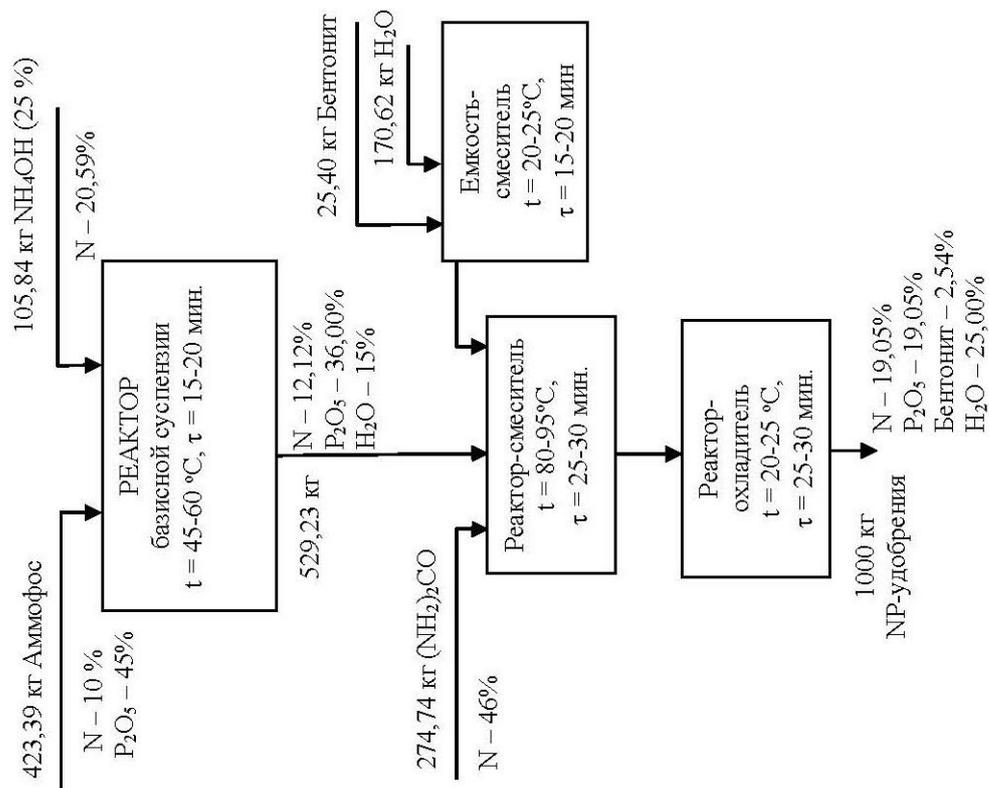


Рис.2.6 Материальный баланс получения суспендированного сложного NPK-удобрения на основе аммофоса и карбамида

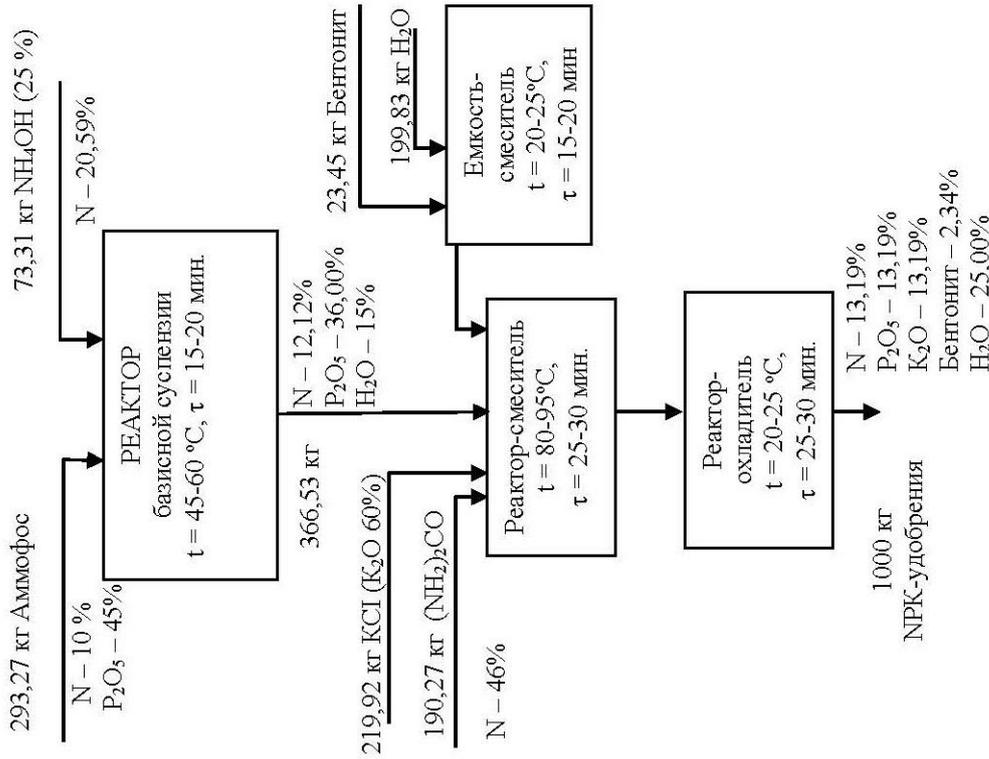


Рис.2.7 Материальный баланс получения суспендированного сложного NPK-удобрения на основе аммофоса, карбамида и хлорида калия

## § 2.4. Получение суспендированных сложных удобрений на основе кормового фосфата аммония, раствора КАС и хлорида калия

Для улучшения качества суспендированных удобрений были проведены исследования по получению продукта на основе кормового фосфата аммония (КФА).

При синтезе ССУ гранулы КФА аммонизировали раствором аммиачной воды при температуре 50-60 °С при постоянном перемешивании до получения однородной дисперсной массы. Продукт базовой суспензии при соотношении КФА: NH<sub>4</sub>OH=1:1 содержит 15,29 % азота, 26,00 % фосфора и 37,50 % воды. Оптимальным соотношением является суспензия, полученная при соотношении КФА: NH<sub>4</sub>OH=1:0,25. Она содержит 12,11 % азота, 41,60 % фосфора и 15,00 % воды. Сумма питательных компонентов в зависимости от соотношения исходных веществ составляет 42,29-60,05 % (табл.2.11).

**Таблица 2.11**

Химический состав базисной суспензии на основе КФА, %

КФА: NH <sub>4</sub> OH	Соотношение N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	КФА	25%-ный раствор аммиака	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Σ NP
1:1	0,63:1	50,00	50,00	15,29	26,00	37,50	42,29
1:0,75	0,53:1	57,14	42,90	14,54	29,71	32,14	45,39
1:0,5	0,43:1	66,67	33,30	13,53	34,67	25,00	49,53
1:0,25	0,33:1	80,00	20,00	10,30	41,60	15,00	51,90
1:0,1	0,27:1	90,91	9,09	10,96	47,27	6,82	60,05

В таблице 2.12 приведены результаты химического анализа суспендированного NP-удобрения на основе КФА и раствора КАС. Удобрение в зависимости от нормы раствора КАС содержит 18,39-19,80 % общего азота, в том числе 8,34-13,91% азот в аммонийной форме, 3,59-6,69 % в амидной и 1,81-3,36 % в нитратной формах, 18,39-19,81% фосфора и 30,00-35,42 % воды. Сумма питательных веществ составляет 36,77-38,63 %.

**Таблица 2.12**

Химический состав азотно-фосфорного ССУ ( $N:P_2O_5=1:1$ ) на основе базисной суспензии КФА в зависимости от нормы раствора КАС, %

КФА: $NH_4OH$	КАС		$H_2O$	N				$P_2O_5$	$\Sigma NP$
	$NH_4NO_3$	$(NH_2)_2CO$		общ	амм	амид	нит		
1:1	10,34	7,815	35,42	19,31	13,91	3,59	1,81	19,31	38,63
1:0,75	13,41	10,13	31,23	19,80	12,80	4,66	2,35	19,81	39,61
1:0,5	15,92	12,03	30,00	19,44	11,12	5,53	2,79	19,44	38,87
1:0,25	18,03	14,49	30,00	18,77	9,34	6,27	3,16	18,77	37,53
1:0,1	19,23	16,03	30,00	18,39	8,34	6,69	3,36	18,39	36,77

Для получения суспендированного НРК-удобрения базисную суспензию при постоянном перемешивании и температуре 60-70°C обогащали раствором КАС и хлоридом калия. Сумма питательных веществ в ССУ в зависимости от нормы компонентов составляет 37,71-40,64 %.

Результаты химического анализа полученных составов ССУ приведены в таблице 2.13.

**Таблица 2.13**

Химический состав азотно-фосфорно-калийного ССУ ( $N:P_2O_5:K_2O=1:1:0,5$ ) на основе базисной суспензии КФА в зависимости от нормы раствора КАС и хлорида калия, %

КФА: $NH_4OH$	КАС		KCl	$H_2O$	N				$P_2O_5$	$K_2O$	$\Sigma NPK$
	$NH_4NO_3$	$(NH_2)_2CO$			общ	амм	амид	нитр			
1:1	7,15	5,41	12,98	31,19	15,58	11,84	2,49	1,25	15,58	7,79	38,95
1:0,75	11,01	8,32	13,55	30,00	16,26	10,51	3,83	1,93	16,26	8,13	40,64
1:0,5	12,92	9,77	13,15	30,00	15,78	9,03	4,49	2,26	15,78	7,89	39,46
1:0,25	14,74	11,85	12,78	30,00	15,34	7,64	5,12	2,58	15,34	7,67	38,34
1:0,1	15,77	13,15	12,57	30,00	15,08	6,84	5,48	2,76	15,08	7,54	37,71

## **§ 2.5. Опытнo-промышленное испытание процесса получения суспендированных удобрений на основе аммофоса**

На основе проведенных лабораторных исследований и серий опытов на лабораторной модельной установке установлены основные показатели технологических параметров процесса получения суспендированных NP- и NPK-удобрений из аммофоса.

Данная технология была апробирована на опытнo-промышленной установке цеха №51 АО «Махам-Чичиқ».

Технологические испытания по получению суспендированных сложных NP- и NPK-удобрений на основе измельченного аммофоса, аммиачной воды (16 %-ный раствор  $\text{NH}_4\text{OH}$ ), раствора КАС-28, мелкокристаллического хлорида калия и порошкообразного бентонита были проведены совместно с ведущими специалистами предприятия.

Процесс производства суспендированных сложных удобрений на основе раствора КАС состоит из следующих основных стадий:

- прием жидкого азотного удобрения (раствора КАС) в канистрах;
- прием 16%-ного раствора аммиачной воды в канистрах;
- приготовление измельченного аммофоса в дробилке;
- приготовление базисной суспензии на основе аммофоса и аммиачной воды;
- механическое смешивание базисной суспензии с раствором КАС при производстве NP-удобрений;
- смешивание базисной суспензии с раствором КАС и хлоридом калия при производстве NPK-удобрений;
- упаковка суспендированных сложных NP и NPK-удобрений на основе КАС.

Приготовление базисной суспензии.

**Лимитирующей стадией производства суспендированных сложных удобрений является приготовление базисной суспензии на основе аммофоса и аммиачной воды.**

Базисную суспензию получает путем аммонизации аммофоса аммиачной водой в реакторе (объем реактора 3 м<sup>3</sup>). В реактор заливают

расчетное количество (146,5 кг 16 %-ный  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) аммиачной воды и при работающей мешалке. Затем загружают 490,3 кг измельченного аммофоса. В реакторе поддерживается температура 60-80 °С. Перемешивание компонентов продолжается до получения однородной суспензии, т.е. до полного разрушения частиц аммофоса.

Установлено, чем меньше тонина помола аммофоса, тем быстрее завершается процесс получения базисной суспензии.

Суспендированные сложные удобрения являются сезонными. Поэтому для определения принципиальной возможности и разработки универсальной (гибкой) технологии получения новых видов суспендированных сложных удобрений с различным соотношением питательных веществ из полученной базисной суспензии были приготовлены 7 марок суспендированных сложных NP и NPK-удобрений согласно приведенной таблицы 2.14.

**Таблица 2.14**

Нормы расхода основных компонентов для получения 200 кг суспендированных сложных удобрений на основе раствора КАС

ССУ N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	К-во базисной суспензии, кг	в том числе		КАС	КСИ	H <sub>2</sub> O	Бентонит	Масса ССУкас, кг
		Аммо- фос	Амм. вода					
1:3:0	190,00	144,00	46,00	-	-	-	-	200
1:3:0	194,00	144,00	46,00	-	-	-	6	200
1:1:0	100,66	77,51	23,15	83,23	-	10,10	6,06	200
2:1:0	63,20	48,66	14,54	130,47	-	-	6,32	200
3:1:1	38,252	29,45	8,80	126,28	22,09	7,65	5,74	200
Продолжение табл. 2.14								
1:3:1	131,36	101,15	30,21	-	25,29	36,78	6,57	200
1:1:3	44,85	34,54	10,32	37,08	77,70	33,64	6,73	200
1:1:1	64,43	49,61	14,82	53,26	37,20	38,66	6,44	200
Всего	636,75	490,30	146,50	430,32	162,28	126,83	43,86	1400

Базисная суспензия из реактора самотеком поступает в емкость (объем емкости 1 м<sup>3</sup>). Полученную базисную суспензию использовали для получения суспендированных сложных NP- и NPK-удобрений.

**Опыт 1.** Для получения 200 кг суспендированного сложного NP-удобрения с соотношением N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=1:3 194 кг базисной суспензии в реакторе при постоянном перемешивании смешивали для стабилизации готовой продукции с 6,06 кг замоченного в 5 л воды бентонита. Температура в реакторе составила 60-80 °С. После получения однородной массы (время перемешивания 10-15 мин.) суспендированное сложное NP-удобрение самотеком направляется в емкость готовой продукции и охлаждается при постоянном перемешивании массы до температуры 20-25 °С. Отбирается проба для определения плотности и подвергается аналитическому контролю.

Установлено, что полученная базисная суспензия является суспендированным сложным удобрением с соотношением питательных веществ N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=1:3.

**Опыт 2.** Для получения 200 кг уравновешенного суспендированного сложного NP-удобрения с соотношением N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=1:1 100,66 кг базисной суспензии в реакторе при постоянном перемешивании смешивали с 82,68 кг раствора КАС-28. Для стабилизации суспендированного удобрения в полученную массу добавили 6,06 кг замоченного в 10,10 л воды бентонита. Температура в реакторе составила 60-80 °С. После получения однородной массы (время перемешивания 10-15 мин.) суспендированное сложное NP-удобрение самотеком направляется в емкость готовой продукции и охлаждается при постоянном перемешивании массы до температуры 20-25 °С. Отбирается проба для определения плотности и подвергается аналитическому контролю.

**Опыт 3.** Для получения 200 кг суспендированного сложного NP-удобрения с соотношением N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=2:1 63,20 кг базисной суспензии в реакторе при постоянном перемешивании смешивали с 130,47 кг раствора КАС-28. Для стабилизации суспендированного удобрения в полученную

однородную массу добавили 6,22 кг замоченного в 5 л воды бентонита. Температура в реакторе составила 60-80 °С. После получения однородной массы (время перемешивания 10-15 мин.) суспендированное сложное NPK-удобрение самотеком направляется в емкость готовой продукции и охлаждается при постоянном перемешивании массы до температуры 20-25°С. Отбирается проба для определения плотности и подвергается аналитическому контролю.

**Опыт 4.** Для получения 200 кг суспендированного сложного NPK-удобрения с соотношением N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=3:1:1 38,25 кг базисной суспензии в реакторе при постоянном перемешивании смешивали с 126,28 кг раствора КАС-28. После получения однородной массы (время перемешивания 5-10 мин.) в реактор загружали 22,09 кг кристаллического хлорида калия. Перемешивание массы при температуре 60-80 °С продолжается (20-30 мин.) до получения однородной вязкой суспензии. Для стабилизации суспендированного удобрения в полученный продукт добавили 5,74 кг замоченного в 7,65 л воды бентонита. После получения однородной массы (время перемешивания 10-15 мин.) суспендированное сложное NPK-удобрение самотеком направляется в емкость готовой продукции и охлаждается при постоянном перемешивании массы до температуры 20-25°С. Отбирается проба для определения плотности и подвергается аналитическому контролю.

**Опыт 5.** Для получения 200 кг суспендированного сложного NPK-удобрения с соотношением N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:3:1 131,36 кг базисной суспензии в реакторе при постоянном перемешивании разбавили с 30 л воды. После получения однородной массы (время перемешивания 5-10 мин.) в реактор загружали 25,29 кг кристаллического хлорида калия. Перемешивание массы при температуре 60-80 °С продолжается (20-30 мин.) до получения однородной вязкой суспензии. Для стабилизации суспендированного удобрения в полученный продукт добавили 6,57 кг замоченного в 6,78 л воды бентонита. После получения однородной массы (время перемешивания 10-15

мин.) суспендированное сложное NPK-удобрение самотеком направляется в емкость готовой продукции и охлаждается при постоянном перемешивании массы до температуры 20-25 °С. Отбирается проба для определения плотности и подвергается аналитическому контролю.

Следует отметить что при получении суспендированного NPK-удобрения с соотношением  $N:P_2O_5:K_2O=1:3:1$  не требуется азотсодержащий компонент - КАС-28 (или аммиачная селитра или карбамид).

**Опыт 6.** Для получения 200 кг суспендированного сложного NPK-удобрения с соотношением  $N:P_2O_5:K_2O=1:1:3$  44,85 кг базисной суспензии в реакторе при постоянном перемешивании смешивали с 37,08 кг раствора КАС-28 и разбавили с 30 л воды. После получения однородной массы (время перемешивания 5-10 мин.) в реактор загружали 77,70 кг кристаллического хлорида калия. Перемешивание массы при температуре 60-80 °С продолжается (30-40 мин.) до получения однородной вязкой суспензии. Для стабилизации суспендированного сложного удобрения в полученный продукт добавили 6,73 кг замоченного в 3,64 л воды бентонита. После получения однородной массы (время перемешивания 10-15 мин.) суспендированное сложное NPK-удобрение самотеком направляется в емкость готовой продукции и охлаждается при постоянном перемешивании массы до температуры 20-25 °С. Отбирается проба для определения плотности и подвергается аналитическому контролю.

**Опыт 7.** Для получения 200 кг уравновешенного суспендированного сложного NPK-удобрения с соотношением  $N:P_2O_5:K_2O=1:1:1$  64,43 кг базисной суспензии в реакторе при постоянном перемешивании смешивали с 53,26 кг раствора КАС-28 и разбавили с 30 л воды. После получения однородной массы (время перемешивания 5-10 мин.) в реактор загружали 37,20 кг кристаллического хлорида калия. Перемешивание массы при температуре 60-80 °С продолжается (30-40 мин.) до получения однородной вязкой суспензии. Для стабилизации суспендированного сложного удобрения в полученный продукт добавили 6,44 кг замоченного в 8,66 л воды

бентонита. После получения однородной массы (время перемешивания 10-15 мин.) суспендированное сложное NPK-удобрение самотеком направляется в емкость готовой продукции и охлаждается при постоянном перемешивании массы до температуры 20-25 °С. Отбирается проба для определения плотности и подвергается аналитическому контролю. Результаты анализа ССУ, полученных в ОПУ цеха №51 приведены в таблице 2.15.

Таблица 2.15

№ проб	NPK	Содержание компонентов, %						Σ, %
		N <sub>общ.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>общ.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>вод.</sub>	K <sub>2</sub> O	SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	
0	Баз. сус.	11,50	34,65		-		19,32	46,15
1	1:3:0	10,75	32,38	16,42	-	-	24,60	43,13
2	1:1:0	17,44	17,44	16,92	-	-	26,82	34,88
3	2:1:0	21,96	10,93	3,36	-	-	25,02	32,89
4	3:1:1	18,58	6,20	6,16	6,20		30,68	30,98
5	1:3:1	7,23	21,82	15,46	7,23	-	34,36	36,28
6	1:1:3	6,48	6,48	6,30	19,42	-	38,77	36,27
7	1:1:1	11,16	11,16	8,47	11,16	-	33,27	33,48

Результаты анализа суспендированного сложного NP-удобрения с соотношением N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:3:0 показали, что оно содержит 11,17 % азота и 33,64 % фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Но полученная суспензия при влажности 18,75 % воды мало текучая. При влажности 25 % H<sub>2</sub>O (образец 1) реологические свойства удобрения удовлетворяют требованиям потребителей. Сумма питательных веществ составляет 43,13 %.

Установлено, что суспендированные сложные NP-удобрения при влажности не менее 25% H<sub>2</sub>O также обладают удовлетворительными свойствами.

При введении в состав базисной суспензии раствора КАС-28 и хлорида калия получается мало текучая, тяжелая суспендированная масса. Для улучшения качества суспендированных сложных НРК-удобрений их разбавляют водой до получения удовлетворительных реологических свойств. Например, суспендированные сложные удобрения с соотношением  $N:P_2O_5:K_2O=3:1:1$  при влажности 30 %  $H_2O$  (образец 4), а образец 6а  $N:P_2O_5:K_2O=1:3:1$  при влажности 35 %  $H_2O$ , образец 6  $N:P_2O_5:K_2O=1:1:3$  при влажности 40%  $H_2O$  обладают хорошими реологическими свойствами.

Таким образом, проведенные укрупненные технологические испытания показали принципиальную возможность получения суспендированных сложных удобрений, содержащих различные соотношения питательных веществ – азот, фосфор и калий, на основе местного сырья по рациональной (гибкой) технологии. Технологические испытания, проведенные на лабораторной укрупненной установке, также показали принципиальную возможность получения суспендированных сложных удобрений на основе раствора КАС или гранулированной аммиачной селитры или карбамида. По требованию потребителя суспендированные сложные удобрения можно обогащать магнием, серой, микроэлементами, ростовыми веществами.

На основе полученных результатов технологических испытаний разработана универсальная (гибкая) технологическая схема. Для этого сначала ознакомились существующими оборудованьями опытно-промышленной установки получения универсальных питательных растворов (УПР) цеха №3 АО «Махам-Ширчиқ». Основными стадиями технологии получения УПР являются приготовление водного раствора хлорида калия и/или аммофоса в емкости (объем емкости 6,3 м<sup>3</sup>) поз.Е-1 и механическое смешивание полученного раствора солей с 83%-ным раствором аммиачной селитры или раствором КАС в емкости готовой продукции поз.Е-2 (емкость 63 м<sup>3</sup>).

Основным оборудованием для получения готовой продукции (бюыстрореализуемая технология) является емкость готовой продукции

поз.Е-1 (существующее оборудование для растворения хлорида калия). Сначала в емкости поз.Е-1 готовится базисная суспензия путем аммонизации измельченного аммофоса в дробилке поз.Х-1 15-25 %-ным раствором аммиачной воды. **Необходимы емкость для раствора аммиачной воды поз.Е-00 и насос поз.Н-00 для его перекачки в емкость поз.Е-1.**

После получения однородной массы базисной суспензии в емкости поз.Е-1 при температуре 60-80°C и постоянном перемешивании ее смешивают с раствором КАС (из хранилища раствора КАС поз.Е-3, объем 100 м<sup>3</sup>) и в зависимости от марки удобрения с измельченным хлоридом калия. Для стабилизации готовой продукции ее разбавляют необходимым количеством конденсата и добавляют, замоченный конденсатом, бентонит. **Необходимо охлаждать готовый продукт - суспендированное сложное удобрение до 25-30°C при постоянном перемешивании в емкости поз.Е-1.** Разлив готовой продукции потребителям осуществляется по существующей схеме.

На рисунке 2.8 приведена оптимальная, быстрореализуемая схема получения суспендированных сложных удобрений на установке УПР. Схема практически не отличается от предыдущей схемы. Но для увеличения производительности опытно-промышленной установки необходимо установить емкость готовой продукции поз.Е-01, где одновременно происходит охлаждение суспендированных сложных удобрений до 25-30°C и отправляется потребителям.

Предложена блочная схема получения суспендированных сложных удобрений на основе раствора аммиачной селитры. При этом используется существующее хранилище 83 %-ного раствора аммиачной селитры поз.Е-4 (объем 100 м<sup>3</sup>). Здесь тоже существующая емкость растворения хлорида калия поз.Е-1 (объем 6,3 м<sup>3</sup>) используется в качестве емкости приготовления суспендированных сложных удобрений и готовой продукции. **Необходимы емкость для раствора аммиачной воды поз.Е-00 и насос поз.Н-00 для его перекачки в емкость поз.Е-1.**

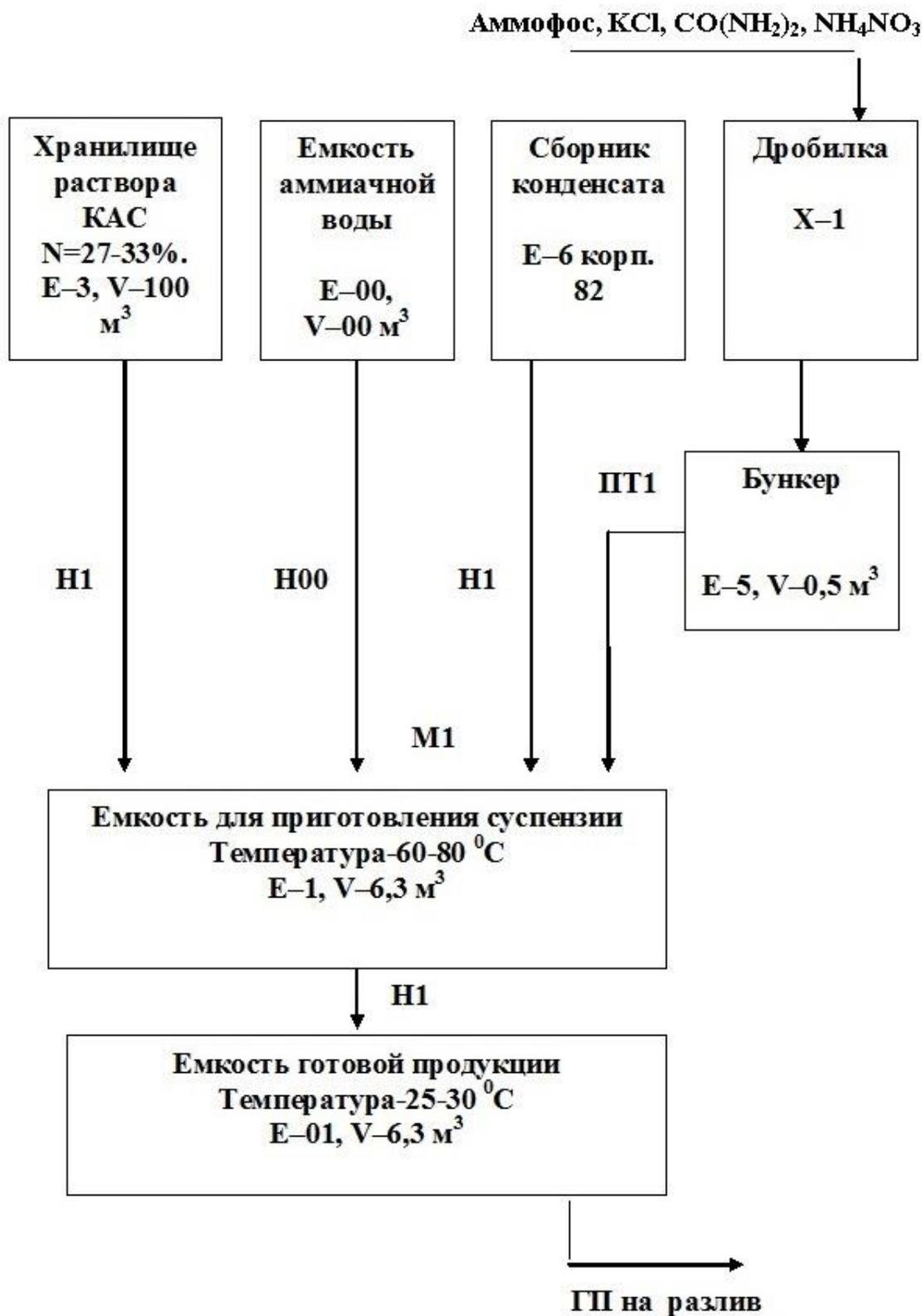


Рис. 2.8. Блочная схема получения суспендированных сложных удобрений на основе раствора КАС (оптимальная, быстрореализуемая схема).

Предлагаемые технологические схемы являются универсальными, т.е. можно организовать опытно-промышленное производство по требованию

потребителей суспендированных сложных удобрений с широким диапазоном питательных веществ.

В предлагаемой блочной схеме для получения суспендированных сложных удобрений на основе раствора КАС практически используется все оборудование установки УПР. Существующая емкость поз.Е-1 (объем 6,3 м<sup>3</sup>) для растворения хлорида калия используется как емкость для приготовления суспендированных сложных удобрений. Полученная готовая продукция направляется в существующую емкость готовой продукции поз.Е-2 (объем 63 м<sup>3</sup>). При использовании данной схемы теряется универсальность (гибкость) технологии получения суспендированных сложных удобрений, т.е. в емкости поз.Е-2 готовой продукции получается только одна марка удобрения. Кроме того, для заполнения емкости поз.Е-2 готовой продукции суспендированным сложным удобрением требуется длительное время.

На основе полученных результатов технологических испытаний совместно с ведущими специалистами АО «Махам-Чичиқ» разработаны проекты нормативно-технической документации – стандарт организации и технологический регламент.

Ориентировочная калькуляция себестоимости 1 т NP и NPK – удобрения на основе аммофоса, раствора КАС, нитрата аммония, карбамида хлорида калия приведена в таблице 2.16.

**Таблица 2.16**

Ориентировочная калькуляция себестоимости 1 т NP и NPK – удобрения

Статьи затрат	Ед. изм.	Аммофос:NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> NP (17:17:0)			Аммофос:NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> :KCl NPK (12:12:12)		
		Расход	Цена, сум/т	Стоимость, сум	Расход	Цена, сум/т	Стоимость, сум
1.Аммофос	т	0,3749	2850000	1068465,00	0,2702	2850000	770070,00
2.Аммиач. вода	т	0,0937	212050	19869,08	0,0675	212050	14313,38
3.Нитрат аммония	т	0,3292	869193	286138,34	0,2372	869193	206172,58
5. Хлорид калия	т				0,2026	1184000	239878,40
6.Бентонит	т			5625,00	0,0216	250000	5400,00
ВСЕГО				1380097,42			1235834,36
7. Затраты на переработку	сум			276019,48			247166,87

Таблица 2.16 (продолжение)

Статьи затрат	Ед. изм.	Аммофос: $\text{NH}_4\text{NO}_3$ NP (17:17:0)			Аммофос: $\text{NH}_4\text{NO}_3:\text{KCl}$ NPK (12:12:12)		
		Расход	Цена, сум/т	Стоимость, сум	Расход	Цена, сум/т	Стоимость, сум
8. Себестоимость	сум			<b>1656116,90</b>			<b>1483001,23</b>
Статьи затрат	Ед. изм.	Аммофос: $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ NP (19:19:0)			Аммофос: $(\text{NH}_2)_2\text{CO}:\text{KCl}$ NPK (13:13:13)		
		Расход	Цена, сум/т	Стоимость, сум	Расход	Цена, сум/т	Стоимость, сум
1. Аммофос	т	0,4234	2850000	1206690,00	0,2932	2850000	835620,00
2. Аммиач. вода	т	0,1058	212050	22434,89	0,0733	212050	15543,26
3. Карбамид	т	0,2741	889125	243709,16	0,1903	889125	169200,49
5. Хлорид калия	т				0,2199	1184000	260361,60
6. Бентонит	т	0,0254	250000	6350,00	0,0234	250000	5850,00
ВСЕГО				1479184,05			1286575,35
7. Затраты на переработку	сум			295836,81			257315,07
8. Себестоимость	сум			<b>1,775020,86</b>			<b>1543890,42</b>
Статьи затрат	Ед. изм.	Аммофос: КАС NP (18:18:0)			Аммофос: КАС:KCl NPK (13:13:13)		
		Расход	Цена, сум/т	Стоимость, сум	Расход	Цена, сум/т	Стоимость, сум
1. Аммофос	т	0,4033	2850000	1149405,00	0,2841	2850000	809685,00
2. Аммиач. вода	т	0,1008	212050	21374,64	0,0710	212050	15055,55
3. Раствор КАС	т	0,4292	500000	214600,00	0,3024	500000	151200,00
5. Хлорид калия	т				0,2131	1184000	252310,40
6. Бентонит	т	0,0202	250000	5050,00	0,0227	250000	5675,00
ВСЕГО				1390429,64			1233925,95
7. Затраты на переработку	сум			278085,93			246785,19
8. Себестоимость	сум			<b>1668515,57</b>			<b>1480711,14</b>

Для разработки рациональной технологии получения суспендированных сложных удобрений (ССУ) приготовлена базисная суспензия путем обработки измельченного аммофоса аммиачной водой при температуре 25-60 °С в течение 15-20 мин. Установлено, что приготовление базисной суспензий на базе моноаммонийфосфата (МАФ) состоит из двух этапов: получение базисной суспензии с соотношением  $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5 = 0,33$  (в МАФ оно равно 0,2) и приготовление на ее основе заданного суспендированного удобрения. Базисная суспензия с соотношением  $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5 = 0,68:1$  и содержит

15,29 % азота и 22,50% фосфора. Сумма питательных веществ составляет 37,79%. С увеличением нормы аммофоса повышается сумма питательных веществ.

Для получения уравновешенного азотно-фосфорного ССУ к полученной базисной суспензии добавили раствор КАС – 28 и воду до получения продукта, содержащего 30% H<sub>2</sub>O. В продукте азот находится в виде амидной, аммонийной и нитратной формах. При оптимальном соотношении базисной суспензии N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=1:0,25 продукт содержит 17,37% общего азота, в том числе 8,73% находится в аммонийной форме, а 5,74 и 2,89 % соответственно в амидной и нитратной формах, 17,36 % фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и 30,00 % воды. Сумма питательных веществ в зависимости от нормы КАС составляет 33,98-35,80 %.

Получено азотно-фосфорно-калийное ССУ на основе базисной суспензии, раствора КАС-28, хлорида калия и воды. Растворение раствора КАС и хлорида калия в базисной суспензии проводится при температуре 80-95°C и постоянном перемешивании продукции. Полученного ССУ охлаждают до комнатной температуры. ССУ в зависимости от нормы компонентов содержит 14,14-15,58 % азота, из них 45,12-76,00 % находится в аммонийной форме, 36,49-15,98% в амидной форме и 18,39-8,02 % в нитратной форме. Сумма питательных веществ при соотношении N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 1:1:0,5 составляет 35,34-38,95 %.

Также изучен процесс получения ССУ на основе базисной суспензии аммофоса или КФА, нитрата аммония, карбамида и хлорида калия.

На основе проведенных лабораторных исследований и серий опытов установлены основные показатели технологических параметров процесса получения суспендированных NP- и NPK-удобрений из аммофоса. Данная технология была апробирована на опытно-промышленной установке цеха №51 АО «Махам-Чичиқ».

Технологические испытания по получению суспендированных сложных NP- и NPK-удобрений на основе измельченного аммофоса,

аммиачной воды (16 %-ный раствор  $\text{NH}_4\text{OH}$ ), раствора КАС-28, мелкокристаллического хлорида калия и порошкообразного бентонита были проведены совместно с ведущими специалистами предприятия.

Установлено, что лимитирующей стадией производства суспендированных сложных удобрений является приготовление базисной суспензии на основе аммофоса и аммиачной воды.

Суспендированные сложные удобрения являются сезонными. Поэтому для определения принципиальной возможности и разработки универсальной (гибкой) технологии получения новых видов удобрений с различным соотношением питательных веществ из полученной базисной суспензии были приготовлены 7 марок суспендированных сложных удобрений.

На основе полученных результатов разработана и предложена оптимальная технология получения ССУ на существующем оборудовании производства универсальных питательных растворов (УПР) цеха №3 АО «Махам-Ширчиқ». Результаты технологических испытаний совместно с ведущими специалистами АО «Махам-Ширчиқ» явились основой разработки проектов нормативно-технической документации – стандарт организации и технологический регламент.

## **ГЛАВА III. СУСПЕНДИРОВАННОЕ УДОБРЕНИЕ НА ОСНОВЕ НИТРАТА КАЛЬЦИЯ, АММОФОСА, АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ, КАРБАМИДА, РАСТВОРА КАС**

Известно, что кальциевая селитра является эффективным азотным удобрением, которая обеспечивает высокие урожаи во всех климатических и почвенных условиях. Эффект применения кальциевой селитры может прямо относиться к нитратному азоту и водорастворенному кальцию или отдельно, или в большинстве случаев как совместное действие этих двух питательных веществ.

### **§ 3.1. Изучение процесса азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама**

При получении нитратов кальция и магния путем разложения кальцийсодержащего шлама цеха водоподготовки АО «Farg'onaazot» неконцентрированной азотной кислотой (не менее 57 %  $\text{HNO}_3$ ) наблюдается интенсивное, устойчивое пенообразование, что приводит к снижению производительности оборудования. При разработке технологии получения новых видов суспендированных удобрений на основе нитрата кальция изучен процесс пенообразования при азотнокислотной переработке кальцийсодержащего шлама.

Для изучения процесса пенообразования кальцийсодержащий шлам при постоянном перемешивании разлагали в литровом цилиндре азотной кислотой. Определяли высоту пены и время полного исчезновения пены. Кратность пены  $K_p$  при кислотной переработке определяли, как отношение общей высоты пульпы и пены к высоте пульпы.

Изучение процесса пенообразования при азотнокислотном разложении шлама показало, что кратность пены увеличивается с повышением нормы азотной кислоты. Это связано с максимальной скоростью разложения карбонатной части образцов. Кратность пены в зависимости от нормы кислоты составляет 5,83 -6,50, время жизни пены 10-20 сек.

Исследован процесс азотнокислотного разложения шлама в зависимости от нормы азотной кислоты. В таблице 3.1 приведены результаты химического анализа раствора нитратов кальция и магния шлама (НКШ), т.е. полученных азотнокислотных пульп кальцийсодержащего шлама [107].

**Таблица 3.1**

Химический состав суспензии нитрата кальция шлама  
в зависимости от нормы азотной кислоты, %

Норма кислоты	N	CaO	MgO	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
85	8,08	19,68	0,88	44,56	2,48	42,27	2,46
90	8,55	19,08	0,85	47,18	2,63	43,00	1,59
95	9,03	18,47	0,82	49,80	2,78	43,58	0,77
100	9,51	17,90	0,79	52,42	2,92	44,38	-

Установлено, что при 100 % норме азотной кислоты получается суспензия нитрата кальция, содержащая 9,51 % азота, 17,90 % кальция (CaO), 0,79 % магния (MgO), 44,38 % воды.

Суспензия нитрата кальция шлама в основном состоит из 52,42 % нитрата кальция, 2,92 % нитрата магния и 44,38 % воды.

Определены реологические свойства (таблица 3.2) суспензии нитрата кальция шлама. Вязкость и плотность продукта, полученного при 100 % норме кислоты, в интервале температур 20-40 °C составляет 1,85 – 1,70 спз и 1,24 -1,22 г/см<sup>3</sup> соответственно.

Таблица 3.2

Реологические свойства суспензии нитрата кальция шлама в зависимости от нормы азотной кислоты, %

Норма кислота	Температура, °С					
	20		30		40	
	μ	ρ	μ	ρ	μ	ρ
85	1,90	1,24	1,80	1,23	1,71	1,22
90	1,88	1,25	1,81	1,24	1,72	1,23
95	1,87	1,25	1,80	1,24	1,71	1,23
100	1,85	1,24	1,80	1,23	1,70	1,22

### § 3.2. Приготовление базисного раствора из нитрата кальция шлама и аммофоса

Для синтеза суспендированных сложных удобрений (ССУ), с различным соотношением питательных веществ, необходимо приготовить базисную суспензию. Базисную суспензию получали путем разложения кальциевого шлама азотной кислотой, содержащей расчетное количество аммофоса при температуре 70-80 °С и постоянном перемешивании. Содержание воды во всех составах базисной суспензии составило 40 % H<sub>2</sub>O. В таблице 3.3 приведены химические составы базисной суспензии в зависимости от соотношения нитрата кальция шлама и аммофоса. Гранулы аммофоса в течение 2-4 часов полностью растворяются.

Базисная суспензия при соотношении НКШ:аммофос 4:1 содержит 8,93 % азота, 8,18 % фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 13,32 % кальция (CaO). С увеличением содержания аммофоса в растворе НКШ повышается содержание фосфора [108].

Базисная суспензия аммофоса при соотношении исходного компонента 1:1 содержит 7,52 % азота, 16,96 % фосфора и 6,90 % кальция.

**Таблица 3.3**

Химический состав базисной суспензии на основе нитрата кальция шлама и аммофоса, %

№	Соотношение НКШ:аммофос	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	H <sub>2</sub> O	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
1	4:1	8,93	8,18	13,32	0,58	40	39,01	2,17
2	2:1	8,24	12,49	10,16	0,44	40	29,78	1,65
3	4:3	7,81	15,15	8,22	0,36	40	24,07	1,34
4	1:1	7,52	16,96	6,90	0,30	40	20,21	1,12

В таблице 3.4 приведены результаты изучения реологических свойств базисной суспензии в зависимости от соотношения НКШ:аммофос.

**Таблица 3.4**

Реологические свойства базисной суспензии на основе нитрата кальция шлама и аммофоса в зависимости от соотношения НКШ:аммофос

НКШ: аммофос	Температура, °С										Т.к., °С	pH
	Вязкость, сПз					Плотность, г/см <sup>3</sup>						
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50		
4:1	18,61	17,66	15,11	11,55	10,02	1,253	1,243	1,226	1,196	1,167	-1,9	6,7
2:1	19,41	18,35	16,1	12,33	10,84	1,277	1,266	1,241	1,205	1,171	-1,2	6,8
4:3	21,54	20,23	16,89	12,56	11,33	1,287	1,275	1,251	1,215	1,18	-0,4	6,9
1:1	25,46	24,12	23,26	22,01	20,59	1,334	1,315	1,281	1,228	1,174	-0,2	6,9

### § 3.3. Получение суспендированного сложного NPCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и раствора КАС

Для синтеза новых видов, более концентрированных суспендированных сложных NPCa-удобрений в качестве азотсодержащего

компонента использовали раствор карбамида-аммиачной селитры - КАС. В базисной суспензии аммофоса, полученной при различных соотношениях нитрата кальция шлама:аммофоса, при температуре 70-80 °С при постоянном перемешивании добавляли расчетное количество карбамида. Содержание воды в ССУ составляло 40 % H<sub>2</sub>O.

После получения однородной суспензии при постоянном перемешивании массу охлаждали до комнатной температуры. В таблицах 3.5-3.7 приведены результаты химического анализа состава и свойств ССУ на основе раствора КАС. Установлено, что ССУ из базисной суспензии 4:1 при соотношении N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 2 : 1 содержит 12,45 % азота в виде нитратов кальция (29,68 %), магния (1,65 %) и нитрата аммония (8,11 %) и карбамида (6,05 %), 6,22 % фосфора в виде аммофоса (14,16 %). Азот в ССУ находится в аммонийной, амидной и нитратной формах. Сумма питательных веществ в ССУ N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+CaO+MgO составляет 29,21%. При дальнейшем повышении содержания азота, т.е. при соотношении N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 3 : 1, продукт в основном состоит из 23,61 % Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 1,31 % Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 11,26 % аммофоса и 13,55 % NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> и 10,11 % (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO. Сумма питательных компонентов N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+CaO+MgO составляет 28,22 % [109].

**Таблица 3.5**

Химический состав сложного суспендированного NPCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и раствора КАС, %

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	H <sub>2</sub> O
При соотношении НКШ:аммофос=4:1					
1:1	8,93	8,18	13,32	0,58	40
2:1	12,45	6,22	10,13	0,44	40
3:1	14,86	4,95	8,06	0,35	40
При соотношении НКШ:аммофос=2:1					
1:1	10,61	10,61	8,63	0,38	40
2:1	14,71	7,35	5,99	0,29	40
3:1	16,88	5,63	4,58	0,20	40

**Таблица 3.5 (продолжение)**

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	H <sub>2</sub> O
При соотношении НКШ:аммофос=4:3					
1:1	11,60	11,60	6,29	0,29	40
2:1	15,64	7,82	4,24	0,19	40
3:1	17,68	5,89	3,20	0,14	40
При соотношении НКШ:аммофос=1:1					
1:1	12,17	12,17	4,95	0,22	40
2:1	16,14	8,07	3,28	0,15	40
3:1	18,12	6,04	2,46	0,11	40
1:2	8,20	16,40	6,67	0,29	40

**Таблица 3.6**

Солевой состав сложного суспендированного NPCa-удобрения  
на основе базисной суспензии аммофоса и раствора КАС, %

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Аммофос	КАС		
					NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	H <sub>2</sub> O
При соотношении НКШ:аммофос=4:1							
1:1	40	39,01	2,17	18,60	-	-	-
2:1	40	29,68	1,65	14,16	8,11	6,05	6,02
3:1	40	23,61	1,31	11,26	13,55	10,11	10,06
При соотношении НКШ:аммофос=2:1							
1:1	40	25,28	1,41	24,12	5,80	3,86	3,84
2:1	40	17,53	0,98	16,71	14,13	10,54	10,48
3:1	40	13,41	0,75	12,79	20,08	14,08	13,99
При соотношении НКШ:аммофос=4:3							
1:1	40	18,43	1,03	26,37	8,06	6,01	5,97
2:1	40	12,42	0,69	17,77	16,63	12,41	12,34
3:1	40	9,36	0,52	13,40	21,00	15,67	15,55
При соотношении НКШ:аммофос=1:1							
1:1	40	14,50	0,81	27,66	9,71	7,24	7,20
2:1	40	9,62	0,54	13,36	18,00	13,44	13,36
3:1	40	7,19	0,40	13,72	22,13	16,51	16,40
1:2	40	19,54	1,09	37,28	1,33	1,00	0,98

Таблица 3.7

Реологические свойства сложного суспендированного NРСа-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и раствора КАС

N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Температура, °С										Т.к., °С	рН
	Вязкость, сПз					Плотность, г/см <sup>3</sup>						
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50		
При соотношении НКШ:аммофос=4:1												
1:1	15,91	14,95	12,42	8,84	7,31	1,142	1,132	1,114	1,084	1,055	-0,4	6,7
2:1	15,65	14,69	11,81	8,57	6,94	1,133	1,122	1,102	1,072	1,042	-1,0	6,6
3:1	15,47	14,51	11,92	10,45	6,88	1,125	1,116	1,091	1,063	1,033	-1,2	6,5
При соотношении НКШ:аммофос=2:1												
1:1	16,81	15,75	13,53	9,73	8,24	1,172	1,161	1,136	1,101	1,066	1,4	6,7
2:1	16,68	15,68	14,04	9,73	8,47	1,165	1,153	1,129	1,093	1,059	0,9	6,6
3:1	16,49	15,48	13,84	9,55	8,28	1,161	1,149	1,125	1,089	1,054	0,6	6,6
Продолжение табл.3.7												
При соотношении НКШ:аммофос=4:3												
1:1	19,02	17,71	14,37	10,04	8,81	1,187	1,175	1,151	1,115	1,080	1,8	6,7
2:1	18,76	17,37	15,08	12,56	11,22	1,188	1,174	1,146	1,104	1,063	1,6	6,7
3:1	18,53	17,12	15,15	12,88	11,54	1,176	1,162	1,135	1,095	1,055	1,4	6,6
При соотношении НКШ:аммофос=1:1												
1:1	19,88	18,43	16,81	14,87	13,48	1,208	1,189	1,156	1,101	1,048	2,2	6,8
2:1	19,74	18,23	17,27	16,04	14,54	1,203	1,192	1,162	1,122	1,078	1,9	6,7
3:1	19,52	18,13	17,18	15,91	14,46	1,191	1,176	1,144	1,097	1,049	1,7	6,7
1:2	23,47	22,13	21,27	20,02	18,61	1,244	1,225	1,191	1,138	1,084	2,4	6,8

ССУ, полученное из базисной суспензии 2:1 при соотношении N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 1:1, содержит 10,61 % азота, 10,61 % фосфора и 8,63 % кальция и 0,38 % магния. С повышением соотношения N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> до 3:1 соответственно увеличивается содержание азота до 16,88 %.

С увеличением содержания аммофоса в ССУ, т.е. при базисной суспензии 4:3 и 1:1, соответственно повышается содержание общего фосфора от 5,89 до 11,60 % и от 6,04 до 12,17 %.

Ниже на рисунке 3.1 приведен материальный баланс получения 1 т. ССУ на основе базисной суспензии аммофоса и КАС

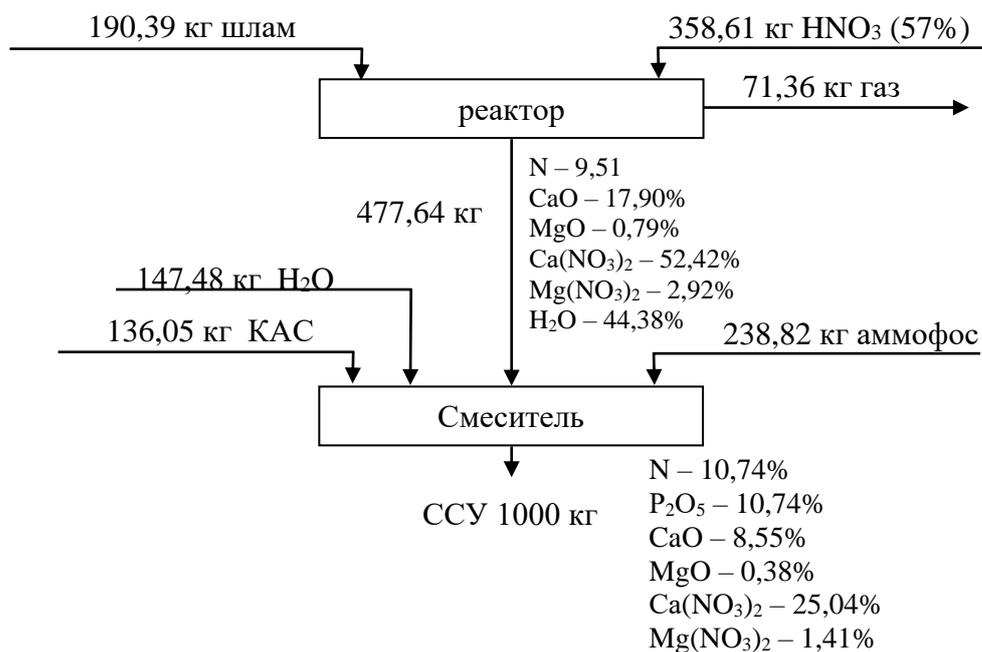


Рисунок 3.1 – Материальный баланс сложного суспендированного NP-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и раствора КАС.

### § 3.4. Получение суспендированного сложного NPKCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, раствора КАС и хлорида калия

Для получения тройного суспендированного сложного удобрения в суспендированном сложном NPCa-удобрении, полученном из базисной суспензии аммофоса и раствора КАС, при температуре 70-80 °С и постоянном перемешивании смешивали расчетное количество хлорида калия. После получения однородной суспензии готовой продукции массу при постоянном перемешивании охлаждали до комнатной температуры. В таблицах 3.8-3.10 приведены результаты химического анализа состава и свойств суспендированного сложного NPKCa-удобрения в зависимости от соотношения питательных компонентов, нормы базисной суспензии, раствора КАС и хлорида калия [110].

Таблица 3.8

Химический состав сложного суспендированного NPKCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, раствора КАС и хлорида калия, %

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	H <sub>2</sub> O
При соотношении НКШ:аммофос=4:1						
1:1:1	7,85	7,19	11,72	7,19	0,51	35,20
2:1:1	11,28	5,63	9,17	5,63	0,40	36,24
3:1:1	13,73	4,57	7,44	4,57	0,32	36,95
При соотношении НКШ:аммофос=2:1						
1:1:1	9,01	9,01	7,33	9,01	0,32	33,99
2:1:1	13,10	6,54	5,33	6,54	0,26	35,63
3:1:1	15,43	5,14	4,18	5,14	0,18	36,57
При соотношении НКШ:аммофос=4:3						
1:1:1	9,72	9,72	5,27	9,72	0,24	33,52
2:1:1	13,84	6,91	3,75	6,91	0,17	35,39
3:1:1	16,10	5,36	2,91	5,36	0,13	36,42
При соотношении НКШ:аммофос=1:1						
1:1:1	10,12	10,12	4,11	10,12	0,18	33,25
Продолжение табл. 3.8						
2:1:1	14,23	7,11	2,89	7,11	0,13	35,26
3:1:1	16,46	5,48	2,23	5,48	0,10	36,34
1:2:1	6,44	12,88	5,23	6,44	0,23	31,41

Таблица 3.9

Солевой состав сложного суспендированного NPKCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, раствора КАС и хлорида калия, %

N:P:K	H <sub>2</sub> O	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Аммофос	KCl	КАС		
						NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	H <sub>2</sub> O
При соотношении НКШ:аммофос=4:1								
1:1:1	35,20	34,33	1,91	16,37	12,0	-	-	-
2:1:1	36,24	26,89	1,50	12,83	9,39	7,34	5,48	5,45
3:1:1	36,95	21,81	1,21	10,40	7,62	12,52	9,33	9,29

**Таблица 3.9 (продолжение)**

N:P:K	H <sub>2</sub> O	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Аммофос	KCl	KAC		
						NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	H <sub>2</sub> O
При соотношении НКШ:аммофос=2:1								
1:1:1	33,99	21,48	1,20	20,50	15,03	4,92	3,28	3,26
2:1:1	35,63	15,62	0,87	14,89	10,91	12,59	9,39	9,33
3:1:1	36,57	12,26	0,69	11,69	8,57	19,02	12,87	12,79
При соотношении НКШ:аммофос=4:3								
1:1:1	33,52	15,44	0,86	22,10	16,20	6,75	5,03	5,00
2:1:1	35,39	10,99	0,61	15,72	11,53	14,69	10,98	10,92
3:1:1	36,42	8,52	0,47	12,20	8,93	19,12	14,27	14,16
При соотношении НКШ:аммофос=1:1								
1:1:1	33,25	12,05	0,67	23,00	16,86	8,07	6,01	5,98
2:1:1	35,26	8,48	0,48	11,78	11,86	15,87	11,85	11,78
3:1:1	36,34	7,17	0,82	12,47	9,14	20,11	15,00	14,9
1:2:1	31,41	15,35	0,86	29,28	10,57	1,04	0,78	0,77

Установлено, что только в ССУ, полученном из базисной суспензии аммофоса 4:1 с соотношением N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:1:1, 7,85 % азот находится в нитратной форме, т.е. в виде нитратов кальция и магния. Оно в основном состоит из 34,33 % Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 1,91 % Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 16,37 % аммофоса и 12,00 % KCl. А ССУ с соотношением N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 2:1:1 и 3:1:1 содержит 11,28 и 13,73 % азота в аммонийной, амидной и нитратной формах, 5,63 и 4,57 % фосфора, 5,63 и 4,57 % калия (K<sub>2</sub>O), 9,17 и 7,44 % кальция и 0,40 и 0,32 % магния соответственно. Сумма питательных веществ колеблется в пределах 30,63-34,46 %.

ССУ, полученные из базисной суспензии аммофоса 2:1, в зависимости от соотношения питательных компонентов содержит 9,01-15,43 % азота в виде 21,48- 12,26 % Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 1,20-0,69 % Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 3,28-12,87 % (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO, 4,92-19,02 % NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 20,50-11,69 % аммофоса и 15,03-8,57 % KCl. Сумма питательных веществ составляет 30,07-34,68 %.

Таблица 3.10

Реологические свойства сложного суспендированного NPKCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, раствора КАС и хлорида калия

N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O	Температура, °С										Т.к., °С	рН
	Вязкость, сПз					Плотность, г/см <sup>3</sup>						
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50		
При соотношении НКШ:аммофос=4:1												
1:1:1	17,98	17,03	14,48	10,92	9,39	1,273	1,266	1,249	1,219	1,193	0,3	6,5
2:1:1	17,73	16,77	13,89	10,65	9,02	1,264	1,257	1,237	1,205	1,177	-0,1	6,4
3:1:1	17,55	16,58	14,01	10,49	8,96	1,258	1,251	1,232	1,198	1,168	-0,4	6,3
При соотношении НКШ:аммофос=2:1												
1:1:1	18,71	17,65	15,42	11,63	10,14	1,297	1,288	1,263	1,227	1,193	2,1	6,6
2:1:1	18,58	17,58	15,94	11,60	10,37	1,292	1,280	1,256	1,220	1,186	1,6	6,5
3:1:1	18,39	17,38	15,74	11,40	10,18	1,286	1,276	1,252	1,216	1,181	1,1	6,4
При соотношении НКШ:аммофос=4:3												
1:1:1	21,17	19,86	16,52	12,19	10,96	1,315	1,304	1,280	1,244	1,209	2,4	6,8
2:1:1	20,93	19,54	17,25	14,67	13,37	1,316	1,303	1,275	1,233	1,192	2,2	6,4
3:1:1	20,72	19,28	17,33	15,06	13,72	1,304	1,291	1,264	1,224	1,184	2,0	6,6
При соотношении НКШ:аммофос=1:1												
1:1:1	22,09	20,64	19,02	17,08	15,69	1,345	1,328	1,293	1,240	1,187	2,8	6,9
2:1:1	21,96	20,45	19,49	18,22	16,72	1,340	1,329	1,301	1,259	1,217	2,5	6,8
3:1:1	21,76	20,34	19,42	18,15	16,71	1,328	1,315	1,283	1,236	1,188	2,3	6,7
1:2:1	25,73	24,36	23,53	22,25	20,83	1,383	1,364	1,329	1,277	1,223	3,0	6,9

Суспендированные сложные NPKCa-удобрения из базисной суспензии 4:3 и 1:1 в зависимости от соотношения питательных компонентов в основном состоят из 15,44-8,52 % и 12,05-7,17 % нитрата кальция, 0,86-0,47 % и 0,67-0,82 % нитрата магния, 5,03-14,27 % и 6,01-15,00 % карбамида, 6,75-19,12 % и 8,07-20,11 % аммиачной селитры, 22,10-12,20 % и 23,00-12,47 % аммофоса и 16,20-8,93 % и 16,86-9,14 % хлорида калия соответственно.

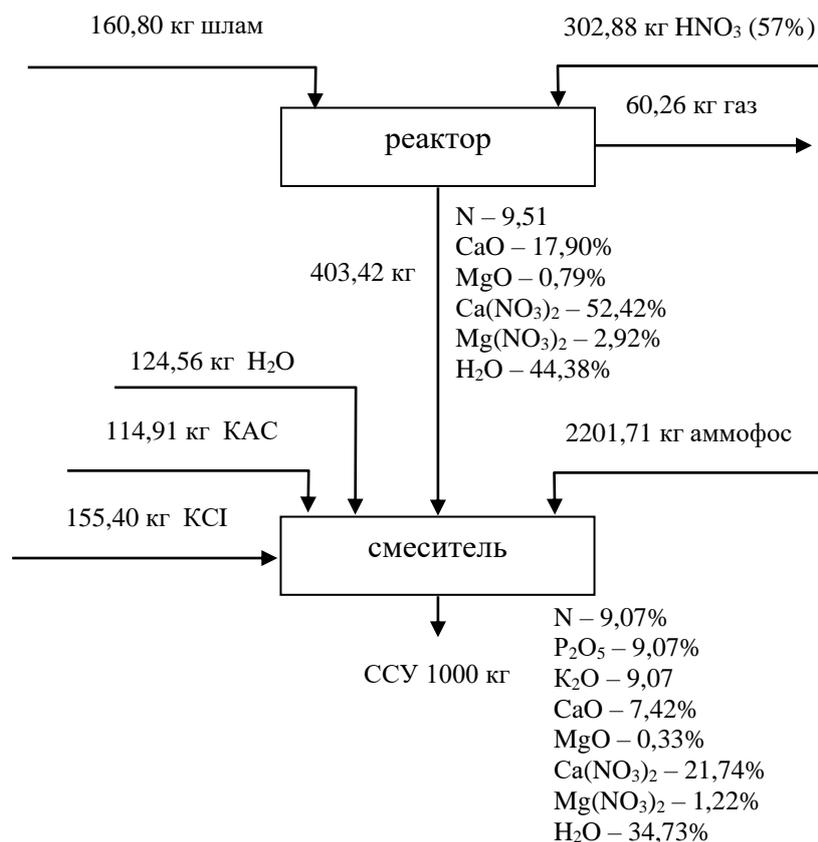


Рисунок 3.2 – Материальный баланс получения сложного суспендированного NPKCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, раствора КАС и хлорида калия

### § 3.5. Получение суспендированного сложного NPKCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и аммиачной селитры

Для получения качественного суспендированного сложного NPKCa-удобрения в базисной суспензии на основе нитрата кальция и аммофоса растворяли аммиачную селитру. В таблицах 3.11-3.13 приведены химические и солевые составы, а также реологические свойства ССУ в зависимости от технологических параметров [111].

**Таблица 3.11**

Химический состав сложного суспендированного NРСа-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и аммиачной селитры, %

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	H <sub>2</sub> O
При соотношении НКШ:аммофос=4:1					
1:1	8,93	8,18	13,32	0,58	40
2:1	11,99	5,99	9,76	0,43	40
3:1	13,90	4,63	7,54	0,33	40
При соотношении НКШ:аммофос=2:1					
1:1	10,34	10,34	8,41	0,37	40
2:1	13,72	6,86	5,58	0,24	40
3:1	15,40	5,13	4,17	0,18	40
При соотношении НКШ:аммофос=4:3					
1:1	11,14	11,14	6,04	0,27	40
2:1	14,42	7,21	3,91	0,17	40
3:1	16,00	5,33	2,89	0,13	40
При соотношении НКШ:аммофос=1:1					
1:1	11,59	11,59	4,71	0,20	40
2:1	14,78	7,39	3,00	0,13	40
3:1	16,27	5,42	2,20	0,09	40
1:2	8,10	16,20	6,60	0,29	40

Процесс растворения аммиачной селитры осуществляли при температуре 70-90 °С при постоянном перемешивании в течение 1-2 часов.

Полученного ССУ охлаждали до комнатной температуры при постоянном перемешивании массы. При этом образуются мелкие кристаллы нитрата аммония. Установлено, что при получении ССУ N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>= 1:1 из базисной суспензии НКШ:аммофос 4:1 в систему не вводится нитрат аммония.

**Таблица 3.12**

Солевой состав сложного суспендированного NРСа-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и аммиачной селитры, %

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Аммофос
При соотношении НКШ:аммофос=4:1					
1:1	40	39,01	2,17	-	18,60
2:1	40	28,59	1,59	16,02	13,64
3:1	40	22,09	1,23	26,01	10,54

**Таблица 3.12 (продолжение)**

При соотношении НКШ:аммофос=2:1					
1:1	40	24,63	1,37	15,59	10,34
2:1	40	16,35	0,91	23,50	27,05
3:1	40	12,23	0,68	35,34	11,67
При соотношении НКШ:аммофос=4:3					
1:1	40	17,70	0,99	15,88	25,33
2:1	40	11,45	0,64	31,47	16,38
3:1	40	8,47	0,47	38,98	12,12
При соотношении НКШ:аммофос=1:1					
1:1	40	13,81	0,7	18,98	26,35
2:1	40	8,81	0,49	33,84	16,80
3:1	40	6,46	0,36	40,80	12,33
1:2	40	19,31	1,07	2,69	36,84

ССУ в основном состоит из нитратов кальция и магния и аммофоса. Оно содержит 8,93 % азота в виде нитратной форм. ССУ соотношением N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>= 2:1 и 3:1 состоит из 28,57 и 22,09 % кальция, 13,64 и 10,54 % аммофоса и 16,02 и 26,01 % аммиачной селитры соответственно. В этом и остальных ССУ азот находится в аммонийной и нитратной формах.

ССУ, полученное из базисной суспензии аммофоса (соотношение исходных компонентов 2:1), в зависимости от соотношения питательных веществ N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> от 1:1 до 3 : 1 содержит 10,34-15,40 % азота в виде нитратов кальция (24,63-12,23%), магния (1,37-0,68%) и аммония (23,50-35,34%), 10,34-5,13 % фосфора в виде аммофоса (10,34-11,67%). Сумма питательных веществ в ССУ (N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+CaO+MgO) в зависимости от соотношения N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1:1-3:1 составляет 24,88-29,46%.

ССУ из базисной суспензии 4:3 и 1:1 в зависимости от соотношения питательных компонентов в основном состоит из 17,70-11,45 % и 13,81-19,31% нитрата кальция, 0,99-0,47 % и 0,76-1,07 % нитрата магния, 15,88-38,98 % и 18,98-40,80 % нитрата аммония и 25,33-12,12 % и 12,33-36,84 % аммофоса соответственно. Сумма питательных веществ составляет 24,35-28,59 и 23,98-31,19 % соответственно.

Таблица 3.13

Реологические свойства сложного суспендированного NPCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и аммиачной селитры

N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Температура, °С										Т.к., °С	рН
	Вязкость, сПз					Плотность, г/см <sup>3</sup>						
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50		
При соотношении НКШ:аммофос=4:1												
1:1	15,33	14,38	11,83	8,27	6,74	1,128	1,118	1,101	1,071	1,042	-0,6	6,4
2:1	15,11	14,15	11,27	8,03	6,40	1,120	1,110	1,090	1,058	1,030	-1,2	6,3
3:1	14,99	14,02	11,44	9,97	6,40	1,115	1,105	1,084	1,052	1,022	-1,4	6,2
При соотношении НКШ:аммофос=2:1												
1:1	16,23	15,17	12,92	9,15	7,66	1,160	1,149	1,124	1,088	1,054	1,3	6,5
2:1	16,12	15,12	13,48	9,14	7,91	1,154	1,142	1,118	1,082	1,048	0,8	6,4
3:1	15,98	14,97	13,33	8,99	7,77	1,151	1,139	1,115	1,079	1,044	0,5	6,3
При соотношении НКШ:аммофос=4:3												
1:1	18,43	17,12	13,78	9,45	8,22	1,174	1,162	1,138	1,102	1,067	1,7	6,7
2:1	18,19	16,80	14,51	11,93	10,63	1,176	1,162	1,134	1,092	1,051	1,5	6,6
3:1	18,01	16,58	14,63	12,36	11,02	1,165	1,151	1,124	1,084	1,044	1,3	6,5
При соотношении НКШ:аммофос=1:1												
1:1	19,28	17,83	16,21	14,27	12,88	1,194	1,175	1,142	1,087	1,034	2,1	6,8
2:1	19,16	17,65	16,69	15,42	13,92	1,190	1,176	1,148	1,106	1,064	1,8	6,7
3:1	18,99	17,57	16,65	15,38	13,93	1,179	1,163	1,131	1,084	1,036	1,6	6,6
1:2	23,20	21,86	21,00	19,75	18,33	1,234	1,215	1,181	1,128	1,074	2,3	6,8

На основе полученных результатов технологических испытаний, на укрупненной установке рассчитан материальный баланс производства 1 т суспендированного сложного NPCa-удобрения с соотношением N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1:1 (рис. 3.4). Готовый продукт содержит 10,45 % азота в нитратной форме в виде нитратов кальция (24,36 %) и магния (1,37 %), 10,45 % фосфора.

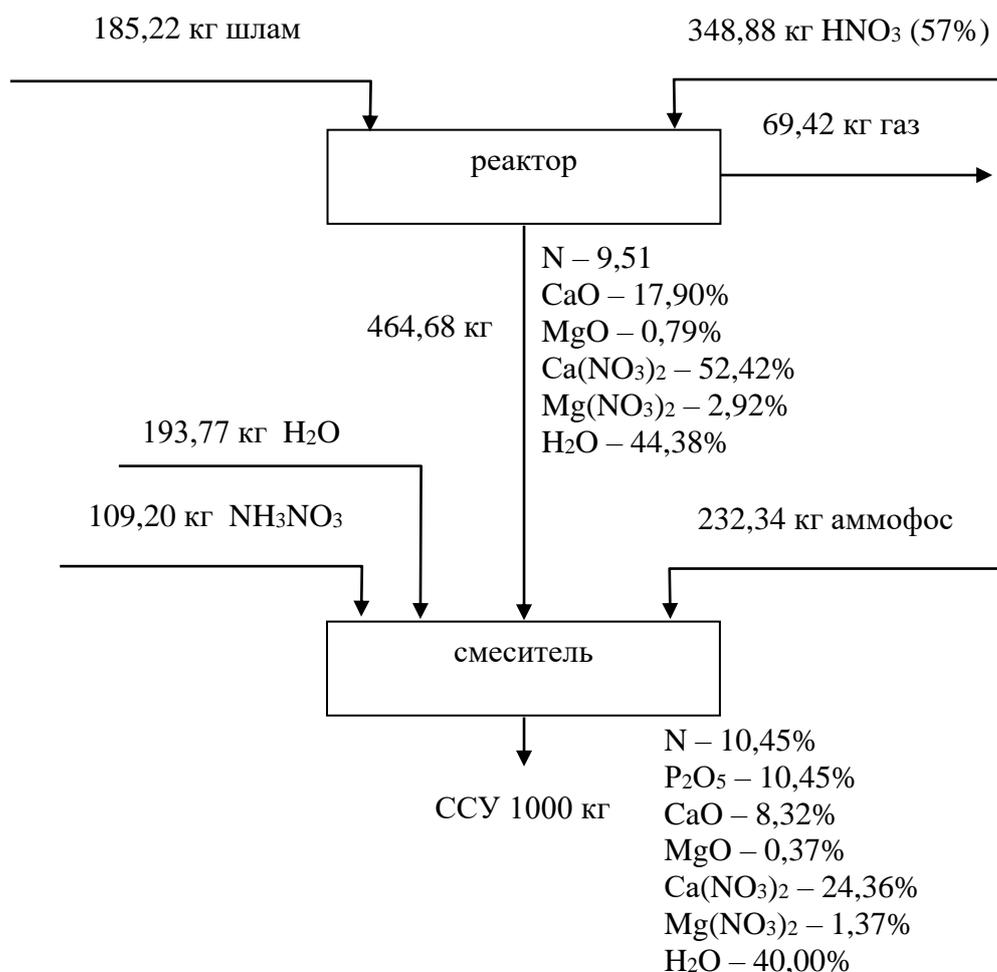


Рисунок 3.4 – Материальный баланс сложного суспендированного NPCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и аммиачной селитры

### § 3.6. Получение суспендированного сложного NPKCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, аммиачной селитры и хлорида калия

Для получения тройного суспендированного удобрения в суспендированном сложном NPCa-удобрении при температуре 70-80°C и постоянном перемешивании растворяли расчетное количество хлорида

калия. После получения однородной суспензии готовый продукт при постоянном перемешивании охлаждали до температуры 20-25°C. В таблицах 3.14-3.16 приведены результаты химического анализа, а также свойства суспендированного сложного NPKCa-удобрения в зависимости от соотношения питательных компонентов, нормы базисной суспензии и хлорида калия.

**Таблица 3.14**

Химический состав сложного суспендированного NPKCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, аммиачной селитры и хлорида калия, %

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	H <sub>2</sub> O
При соотношении НКШ:аммофос=4:1						
1:1:1	7,85	7,2	11,71	7,20	0,51	35,20
2:1:1	10,90	5,45	8,87	5,45	0,39	36,37
3:1:1	12,90	4,3	7,00	4,30	0,31	37,13
При соотношении НКШ:аммофос=2:1						
1:1:1	8,82	8,82	7,17	8,82	0,32	34,12
2:1:1	12,31	6,16	5,01	6,16	0,22	35,9
3:1:1	14,19	4,73	3,84	4,73	0,17	36,85
При соотношении НКШ:аммофос=4:3						
1:1:1	9,39	9,4	5,09	9,40	0,23	33,74
2:1:1	12,87	6,44	3,49	6,44	0,15	35,71
3:1:1	14,69	4,9	2,65	4,90	0,12	36,74
При соотношении НКШ:аммофос=1:1						
1:1:1	9,71	9,71	3,95	9,71	0,17	33,52
2:1:1	13,16	6,58	2,67	6,58	0,12	35,61
3:1:1	14,92	4,97	2,02	4,97	0,08	36,69
1:2:1	6,37	12,80	5,20	6,37	0,23	31,5

Установлено, что только в ССУ, полученном из базисной суспензии аммофоса с соотношением N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 1 : 1 : 1, 7,85 % азот находится в нитратной форме, т.е. в виде нитратов кальция и магния. Оно в основном состоит из 34,33 % Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 1,91 % Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 16,37 % аммофоса и 12,00 % KCl.

А ССУ с соотношением N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 2:1:1 и 3:1:1 содержит 10,90 и 12,90 % азота в аммонийной и нитратной формах, 5,45 и 4,30 % фосфора, 5,45 и 4,30 % калия (K<sub>2</sub>O) и 8,87 и 7,00 % кальция соответственно.

ССУ, полученные из базисной суспензии аммофоса 2:1, в зависимости от соотношения питательных компонентов содержат 8,82-14,19 % азота в виде 21,01-11,27 %  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 1,17-0,63 %  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ , 20,04-32,55 %  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 8,82-10,75 % аммофоса и 14,70-7,87 %  $\text{KCl}$  [112].

**Таблица 3.15**

Солевой состав сложного суспендированного  $\text{NPKCa}$ -удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, аммиачной селитры и хлорида калия, %

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Аммофос	KCl
При соотношении НКШ:аммофос=4:1						
1:1:1	35,20	34,33	1,91	-	16,37	12,00
2:1:1	36,37	25,99	1,45	14,56	12,40	9,07
3:1:1	37,13	20,51	1,14	24,14	9,78	7,16
При соотношении НКШ:аммофос=2:1						
1:1:1	34,12	21,01	1,17	13,99	8,82	14,70
2:1:1	35,9	14,67	0,82	20,04	24,27	10,26
3:1:1	36,85	11,27	0,63	32,55	10,75	7,87
При соотношении НКШ:аммофос=4:3						
1:1:1	33,74	14,93	0,83	13,39	21,36	15,66
2:1:1	35,71	10,22	0,57	28,09	14,62	10,73
3:1:1	36,74	7,77	0,43	35,80	11,13	8,15
При соотношении НКШ:аммофос=1:1						
1:1:1	33,52	11,57	0,59	15,90	22,08	16,19
2:1:1	35,61	7,84	0,44	30,12	14,96	10,97
3:1:1	36,69	5,92	0,33	37,42	11,31	8,28
1:2:1	31,5	15,20	0,84	2,11	29,01	21,26

**Таблица 3.16**

Реологические свойства сложного суспендированного  $\text{NPKCa}$ -удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, аммиачной селитры и хлорида калия

N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	Температура, °C										Т.кр., °C	pH
	Вязкость, сПз					Плотность, г/см <sup>3</sup>						
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50		
При соотношении НКШ:аммофос=4:1												
1:1:1	17,40	16,45	13,9	10,34	8,81	1,263	1,253	1,236	1,206	1,177	0,1	6,2
2:1:1	17,18	16,22	13,34	10,10	8,47	1,255	1,245	1,225	1,193	1,165	-0,4	6,1
3:1:1	17,06	16,09	13,51	10,00	8,47	1,250	1,240	1,219	1,187	1,157	-0,7	6,0

**Таблица 3.16 (продолжение)**

N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	Температура, °С										Т.кр., °С	рН
	Вязкость, сПз					Плотность, г/см <sup>3</sup>						
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50		
При соотношении НКШ:аммофос=2:1												
1:1:1	18,12	17,06	14,81	11,04	9,55	1,287	1,276	1,251	1,215	1,181	1,9	6,3
2:1:1	18,01	17,01	15,37	11,03	9,80	1,281	1,269	1,245	1,209	1,175	1,4	6,2
3:1:1	17,87	16,86	15,22	10,88	9,66	1,278	1,266	1,242	1,206	1,171	0,9	6,1
При соотношении НКШ:аммофос=4:3												
1:1:1	20,59	19,28	15,94	11,61	10,38	1,303	1,291	1,267	1,231	1,196	2,2	6,5
2:1:1	20,35	18,96	16,67	14,09	12,79	1,305	1,291	1,263	1,221	1,180	2,0	6,4
3:1:1	20,16	18,74	16,79	14,52	13,18	1,294	1,28	1,253	1,213	1,173	1,8	6,3
При соотношении НКШ:аммофос=1:1												
1:1:1	21,49	20,04	18,42	16,48	15,09	1,333	1,314	1,279	1,226	1,173	2,6	6,6
2:1:1	21,37	19,86	18,9	17,61	16,13	1,329	1,315	1,287	1,245	1,203	2,3	6,5
3:1:1	21,2	19,78	18,86	17,59	16,14	1,318	1,302	1,27	1,223	1,175	2,1	6,4
1:2:1	25,41	24,07	23,21	21,96	20,54	1,373	1,354	1,319	1,267	1,213	2,8	6,6

Суспендированные сложные НРКСа-удобрения из базисной суспензии 4:3 и 1:1 в зависимости от соотношения питательных компонентов в основном состоят из 14,93-7,77 % и 11,57-5,92 % нитрата кальция, 0,83-0,43 % и 0,59-0,33 % нитрата магния, 13,39-35,80 % и 15,90-37,42 % нитрата аммония, 21,36-11,13 % и 22,08-11,31 % аммофоса и 15,66-8,15 % и 16,19-8,28 % хлорида калия соответственно. Сумма питательных веществ составляет 27,26-33,57 % и 26,66-33,25 % соответственно.

На основе полученных результатов технологических испытаний, на укрупненной установке рассчитан материальный баланс производства 1 т суспендированного сложного НРКСа-удобрения с соотношением N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 1:1:1 (рис. 3.5). Готовый продукт содержит 8,89 % азота в нитратной и аммонийной формах в виде нитратов кальция (20,75 %), магния (1,17 %) и аммония (9,30 %), 8,89 % фосфора и 8,89 % калия.

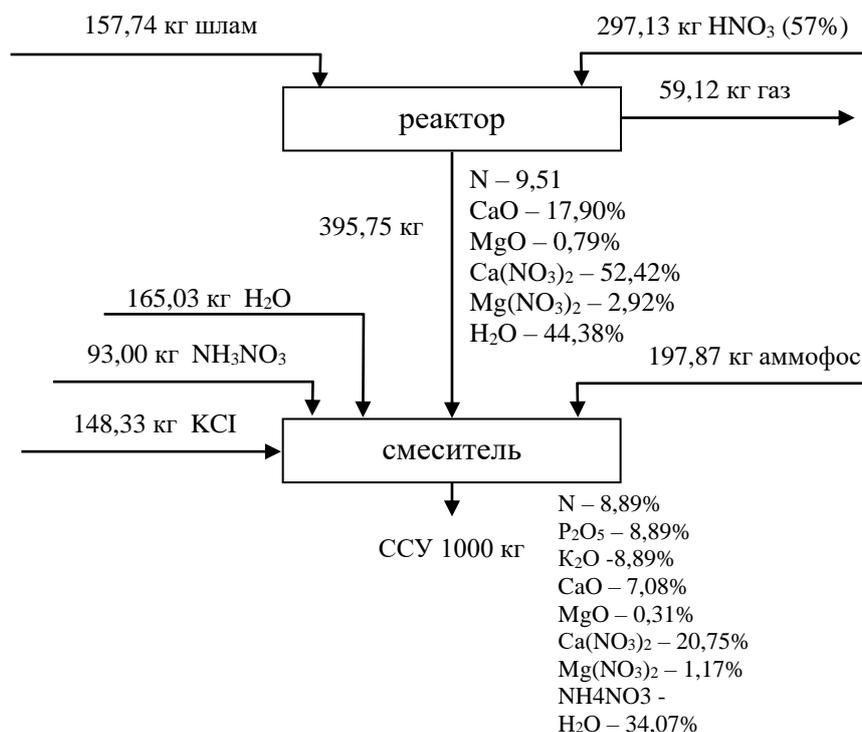


Рисунок 3.5 – Материальный баланс сложного суспендированного NPKCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, аммиачной селитры и хлорида калия

### § 3.7. Получение суспендированного сложного NPKCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и карбамида

Для синтеза новых видов, более концентрированных суспендированных сложных NP-удобрений в качестве азотсодержащего компонента, использовали карбамид. В базисной суспензии аммофоса, полученной при различных соотношениях нитрата кальция шлама:аммофоса, при температуре 70-80 °С при постоянном перемешивании растворяли расчетное количество карбамида. Содержание воды в ССУ составляло 40 %. После получения однородной суспензии при постоянном перемешивании массу охлаждали до комнатной температуры. В таблице 3.17-3.19 приведены результаты химического анализа.

Таблица 3.17

Химический состав сложного суспендированного NPSa-удобрения  
на основе базисной суспензии аммофоса и карбамида, %

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	H <sub>2</sub> O
При соотношении НКШ:аммофос=4:1					
1:1	8,93	8,18	13,32	0,58	40
2:1	12,89	6,44	10,49	0,46	40
3:1	15,68	5,22	8,50	0,37	40
При соотношении НКШ:аммофос=2:1					
1:1	10,82	10,82	8,81	0,38	40
2:1	15,54	7,77	6,32	0,27	40
3:1	18,19	6,06	4,93	0,21	40
При соотношении НКШ:аммофос=4:3					
1:1	11,97	11,97	6,49	0,29	40
2:1	16,70	8,35	4,52	0,20	40
3:1	19,23	6,41	3,48	0,15	40
При соотношении НКШ:аммофос=1:1					
1:1	12,64	12,64	5,14	0,23	40
2:1	17,34	8,67	3,53	0,16	40
3:1	19,79	6,60	2,68	0,12	40
1:2	8,22	16,44	6,68	0,29	40

Таблица 3.18

Солевой состав сложного суспендированного NPSa-удобрения на основе  
базисной суспензии аммофоса и карбамида, %

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	Аммофос
При соотношении НКШ:аммофос=4:1					
1:1	40	39,01	2,17	-	18,60
2:1	40	30,72	1,71	12,73	14,65
3:1	40	24,91	1,38	21,68	11,88
При соотношении НКШ:аммофос=2:1					
1:1	40	25,79	1,43	8,01	17,67
2:1	40	18,52	1,03	22,65	12,30
3:1	40	14,45	0,80	30,86	13,79
При соотношении НКШ:аммофос=4:3					
1:1	40	19,02	1,06	12,61	27,20
2:1	40	13,26	0,74	26,94	18,98
3:1	40	10,18	0,57	34,63	14,57

**Таблица 3.18 (продолжение)**

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	Аммофос
При соотношении НКШ:аммофос=1:1					
1:1	40	15,06	0,84	15,29	28,73
2:1	40	10,33	0,57	29,34	19,70
3:1	40	7,86	0,44	36,67	15,00
1:2	40	19,58	1,09	2,02	37,34

**Таблица 3.19**

Реологические свойства сложного суспендированного NPCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и карбамида

N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Температура, °C										Т.кр., °C	рН
	Вязкость, сПз					Плотность, г/см <sup>3</sup>						
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50		
При соотношении НКШ:аммофос=4:1												
1:1	16,48	15,53	12,98	9,42	7,89	1,154	1,144	1,127	1,097	1,068	-0,4	6,5
2:1	16,21	15,24	12,36	9,12	7,49	1,144	1,134	1,114	1,082	1,054	-0,9	6,4
3:1	15,96	14,99	12,41	10,94	7,37	1,137	1,127	1,106	1,074	1,044	-1,2	6,4
При соотношении НКШ:аммофос=2:1												
1:1	17,4	16,34	14,09	10,32	8,83	1,185	1,174	1,149	1,113	1,079	1,6	6,6
2:1	17,24	16,24	14,6	10,26	9,03	1,177	1,165	1,141	1,105	1,071	1,2	6,5
3:1	17,03	15,99	14,35	10,01	8,79	1,172	1,162	1,136	1,108	1,065	0,8	6,4
При соотношении НКШ:аммофос=4:3												
1:1	19,62	18,31	14,97	10,64	9,41	1,201	1,189	1,165	1,129	1,094	2,2	6,8
2:1	19,33	17,94	15,65	13,07	11,77	1,201	1,187	1,159	1,117	1,076	1,9	6,6
3:1	19,06	17,63	15,68	13,41	12,07	1,188	1,174	1,147	1,107	1,067	1,7	6,6
При соотношении НКШ:аммофос=1:1												
1:1	20,49	19,04	17,42	15,48	14,09	1,223	1,204	1,171	1,116	1,063	2,4	6,8
2:1	20,32	18,81	17,85	16,58	15,08	1,218	1,204	1,176	1,134	1,092	2,2	6,7
3:1	20,06	18,64	17,72	16,45	15,06	1,205	1,189	1,157	1,114	1,062	1,9	6,7
1:2	23,75	22,41	21,55	20,3	18,88	1,255	1,236	1,202	1,149	1,095	2,7	6,8

Установлено, что ССУ из базисной суспензии 4:1 при соотношении  $N:P_2O_5 = 2:1$  содержит 12,89 % азота в виде нитратов кальция (30,72 %), магния (1,71 %) и карбамида (12,73 %), 6,44 % фосфора в виде аммофоса (14,65 %). Сумма питательных веществ в ССУ ( $N+P_2O_5+CaO+MgO$ ) составляет 30,28 %. При дальнейшем повышении содержания азота, т.е. при соотношении  $N:P_2O_5 = 3 : 1$ , продукт в основном состоит из 24,91 %  $Ca(NO_3)_2$ , 1,38 %  $Mg(NO_3)_2$ , 11,88 % аммофоса и 21,68 %  $(NH_2)_2CO$ . В ССУ азот находится в аммонийной, амидной и нитратной формах. Сумма питательных компонентов  $N+P_2O_5+CaO+MgO$  составляет 29,77 %.

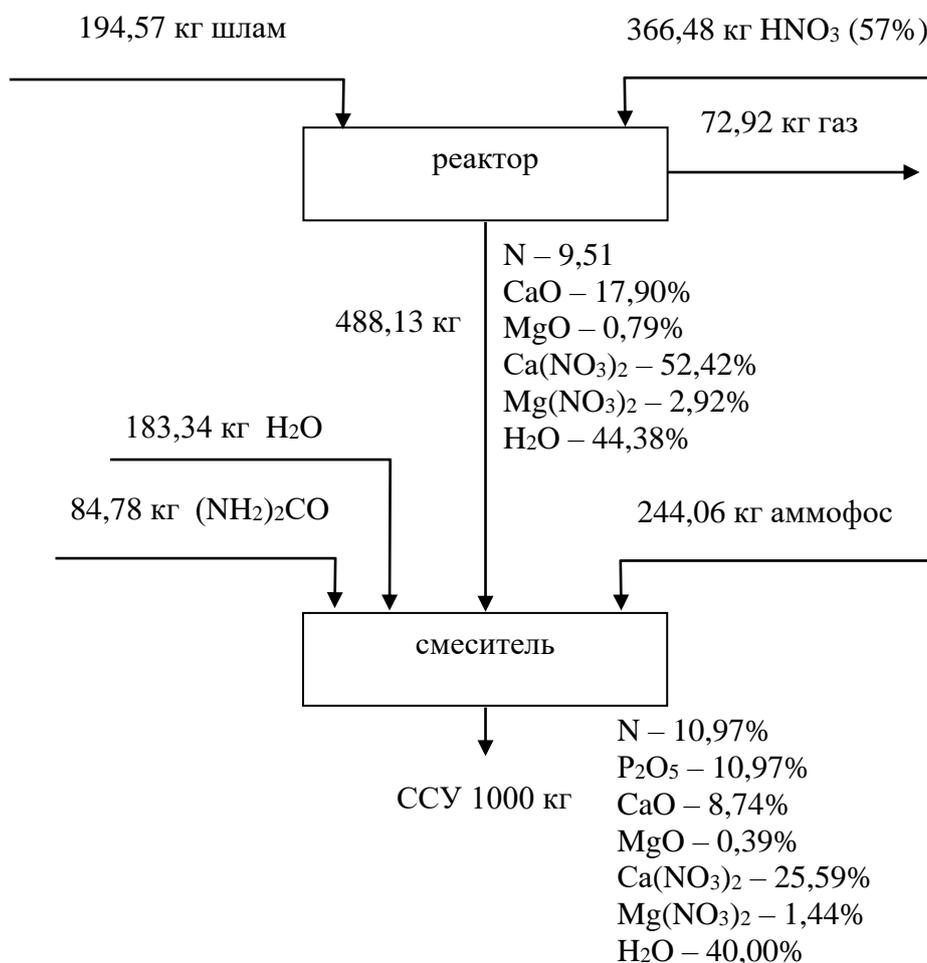


Рисунок 3.6 – Материальный баланс сложного суспендированного NPCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса и карбамида

ССУ, полученное из базисной суспензии 2:1 при соотношении N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 1:1, содержит 10,82 % азота, 10,82 % фосфора и 8,81 % кальция. С повышением соотношения N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> до 3:1 соответственно увеличивается содержание азота до 18,19 %. Сумма питательных веществ в зависимости от соотношения N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> изменяется в пределах 29,39-30,83 %. С увеличением содержания аммофоса в ССУ, т.е. при базисной суспензии 4:3 и 1:1, соответственно повышается содержание общего фосфора от 6,41 до 11,97 % и от 6,60 до 12,64 %. от 29,27-30,72% до 29,70-31,63 % соответственно.

### § 3.8. Получение суспендированного сложного NPKCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, карбамида и хлорида калия

Для получения тройных суспендированных сложных удобрений в суспендированном сложном NP-удобрении, полученном из базисной суспензии аммофоса и карбамида, при температуре 70-80 °С и постоянном перемешивании растворяли расчетное количество хлорида калия. После получения однородной суспензии готовой продукции массу при постоянном перемешивании охлаждали до температуры 20-25 °С. В таблицах 3.20-3.22 приведены результаты химического анализа суспендированного сложного NPK- удобрения в зависимости от соотношения питательных компонентов, нормы базисной суспензии и хлорида калия.

**Таблица 3.20**

Химический состав сложного суспендированного NPKCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, карбамида и хлорида калия, %

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	H <sub>2</sub> O
1	2	3	4	5	6	7
При соотношении НКШ:аммофос=4:1						
1:1:1	7,85	7,20	11,70	7,2	0,51	35,2
2:1:1	11,64	5,82	9,47	5,82	0,42	36,12
3:1:1	14,43	4,80	7,82	4,80	0,34	36,8

**Таблица 3.20 (продолжение)**

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	H <sub>2</sub> O
1	2	3	4	5	6	7
При соотношении НКШ:аммофос=2:1						
1:1:1	9,16	9,17	7,46	9,17	0,32	33,89
2:1:1	13,76	6,88	5,60	6,88	0,24	35,41
3:1:1	16,52	5,50	4,48	5,50	0,19	36,33
При соотношении НКШ:аммофос=4:3						
1:1:1	9,97	9,98	5,41	9,98	0,24	33,35
2:1:1	14,66	7,33	3,97	7,33	0,18	35,11
3:1:1	17,37	5,79	3,14	5,79	0,14	36,14
1	2	3	4	5	6	7
При соотношении НКШ:аммофос=1:1						
1:1:1	10,44	10,41	4,25	10,40	0,19	33,04
2:1:1	15,15	7,58	3,08	7,58	0,14	34,95
3:1:1	17,83	5,95	2,41	5,95	0,11	36,04
1:2:1	6,45	12,91	5,24	6,45	0,23	31,40

**Таблица 3.21**

Солевой состав сложного суспендированного NPKCa-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, карбамида и хлорида калия, %

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	Аммофос	KCl
При соотношении НКШ:аммофос=4:1						
1:1:1	35,2	34,33	1,91	-	16,37	12,00
2:1:1	36,12	27,74	1,54	11,49	13,23	9,69
3:1:1	36,8	22,92	1,27	19,94	10,93	8,00
При соотношении НКШ:аммофос=2:1						
1:1:1	33,89	21,85	1,21	6,78	10,42	15,28
2:1:1	35,41	16,40	0,91	20,05	15,64	11,47
3:1:1	36,33	13,12	0,73	28,02	12,52	9,17
При соотношении НКШ:аммофос=4:3						
1:1:1	33,35	15,86	0,88	10,51	22,68	16,63
2:1:1	35,11	11,64	0,65	23,64	16,66	12,22
3:1:1	36,14	9,19	0,51	31,28	13,16	9,65
При соотношении НКШ:аммофос=1:1						
1:1:1	33,04	12,44	0,69	12,62	23,73	17,40
2:1:1	34,95	9,02	0,5	25,63	17,21	12,63
3:1:1	36,04	7,08	0,4	33,03	13,51	9,91
1:2:1	31,40	15,37	0,86	1,58	29,31	21,51

Установлено, что только в ССУ, полученном из базисной суспензии аммофоса 4:1 с соотношением  $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 1 : 1$ , 7,85 % азот находится в нитратной форме, т.е. в виде нитратов кальция и магния. Оно в основном состоит из 34,33 %  $Ca(NO_3)_2$ , 1,91 %  $Mg(NO_3)_2$ , 16,37 % аммофоса и 12,00 % КСl. А ССУ с соотношением  $N:P_2O_5:K_2O=2:1:1$  и  $3:1:1$  содержит 11,64 и 14,43 % азота в аммонийной, амидной и нитратной формах, 5,82 и 4,80 % фосфора, 5,82 и 4,80 % калия ( $K_2O$ ), 9,47 и 7,82 % кальция и 0,42 и 0,34 % магния соответственно.

**Таблица 3.22**

Реологические свойства сложного суспендированного НРКСа-удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, карбамида и хлорида калия

N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	Температура, °С										Т.кр ., °С	рН
	Вязкость, сПз					Плотность, г/см <sup>3</sup>						
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50		
При соотношении НКШ:аммофос=4:1												
1:1:1	18,57	17,62	15,07	11,51	9,98	1,284	1,279	1,262	1,232	1,203	0,6	6,4
2:1:1	18,29	17,33	14,45	11,21	9,58	1,274	1,269	1,249	1,217	1,189	0,2	6,3
3:1:1	18,05	17,08	14,53	10,99	9,46	1,267	1,262	1,241	1,209	1,179	-0,1	6,2
При соотношении НКШ:аммофос=2:1												
1:1:1	19,31	18,25	16,05	12,23	10,74	1,307	1,301	1,276	1,24	1,206	2,4	6,4
2:1:1	19,16	18,16	16,52	12,18	10,95	1,299	1,292	1,268	1,232	1,198	1,8	6,4
3:1:1	18,92	17,91	16,27	11,93	10,71	1,294	1,287	1,263	1,227	1,192	1,5	6,3
При соотношении НКШ:аммофос=4:3												
1:1:1	21,76	20,45	17,11	12,78	11,55	1,327	1,318	1,294	1,258	1,223	2,7	6,6
2:1:1	21,51	20,12	17,83	15,25	13,95	1,327	1,316	1,288	1,246	1,205	2,6	6,6
3:1:1	21,24	19,82	17,87	15,63	14,26	1,314	1,303	1,276	1,236	1,196	2,4	6,5
При соотношении НКШ:аммофос=1:1												
1:1:1	22,69	21,24	19,62	17,68	16,29	1,358	1,343	1,308	1,255	1,202	3,2	6,7
2:1:1	22,55	21,04	20,08	18,79	17,31	1,352	1,343	1,315	1,273	1,231	2,9	6,6
3:1:1	22,32	20,93	19,98	18,71	17,26	1,339	1,328	1,296	1,249	1,201	2,7	6,6
1:2:1	25,87	24,66	23,8	22,55	21,13	1,394	1,375	1,34	1,288	1,234	3,3	6,7

ССУ, полученные из базисной суспензии аммофоса 2:1, в зависимости от соотношения питательных компонентов содержит 9,16-16,52 % азота в виде 21,85- 13,12 %  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 1,21-0,73 %  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ , 6,78-28,02 %  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , 10,42-12,52 % аммофоса и 15,28-9,17 %  $\text{KCl}$ .

Рассчитан материальный баланс (рисунок 3.7) производства ССУ.

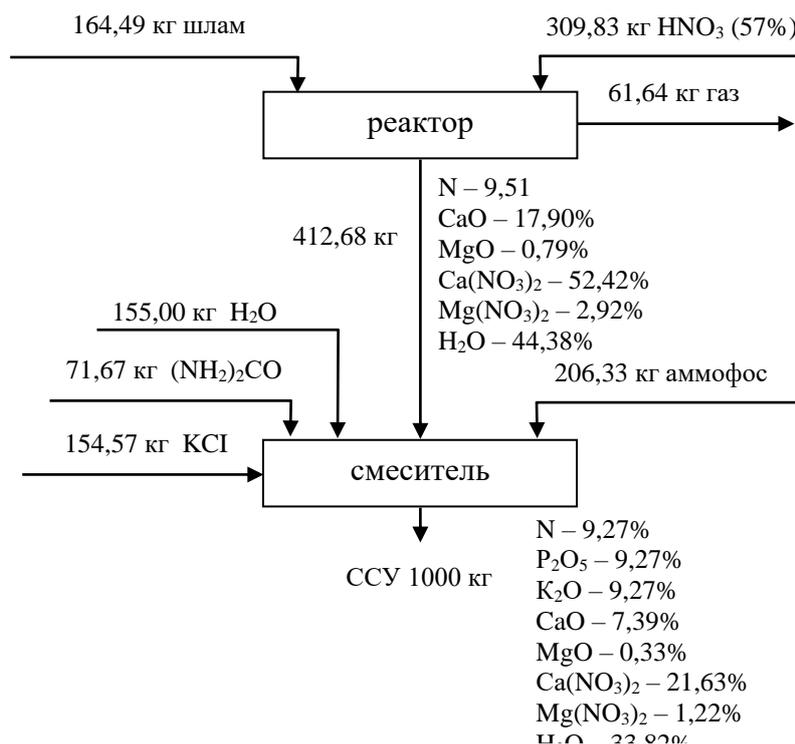


Рисунок 3.7 – Материальный баланс сложного суспендированного  $\text{NPKCa}$ -удобрения на основе базисной суспензии аммофоса, карбамида и хлорида калия

Суспендированные сложные  $\text{NPKCa}$ -удобрения из базисной суспензии 4:3 и 1:1 в зависимости от соотношения питательных компонентов в основном состоят из 15,86-9,19 % и 12,44-7,08 % нитрата кальция, 0,88-0,51 % и 0,69-0,40 % нитрата магния, 10,51-31,28 % и 12,62-33,03 % карбамида, 22,68-13,16 % и 23,73-13,51 % аммофоса и 16,63-9,65 % и 17,40-9,91 % хлорида калия соответственно.

Полученные технологические результаты апробированы на АО «Ферганаазот» на укрупненной установке по получению суспендированных сложных удобрений на основе продуктов азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама, аммофоса, КФА, аммиачной селитры, карбамида, раствора КАС и хлорида калия. На основе результатов технологических испытаний установлены оптимальные нормы технологического режима процесса получения новых видов суспендированных сложных удобрений на основе местного сырья, и они будут использованы при модернизации и интенсификации существующей технологии. Основным преимуществом предложенной технологии производства новых видов ССУ является гибкость технологии, т.е. можно производить новые виды удобрений с различным соотношением основных питательных веществ.

На основе технологических исследований предложена принципиальная технологическая схема получения суспендированных NPCa- и NPKCa-удобрений на основе базисной суспензии, раствора КАС и хлорида калия (рис. 3.8).

Технологические испытания показали принципиальную возможность (при реальной потребности сельского хозяйства республики) организации крупномасштабного опытно-промышленного производства на действующем оборудовании АО «Farg'onaazot». Данная разработка будет внедрена на действующей ОПУ АО «Farg'onaazot» после установления агрохимической эффективности новых видов ССУ при выращивании различных селхозкультур в условиях Республики и определения маркетинговых исследований потребности рынка (внутреннего и внешнего) предлагаемых удобрений. На основе технологических испытаний разработаны проекты НТД (технологический регламент производства ССУ и технические условия).

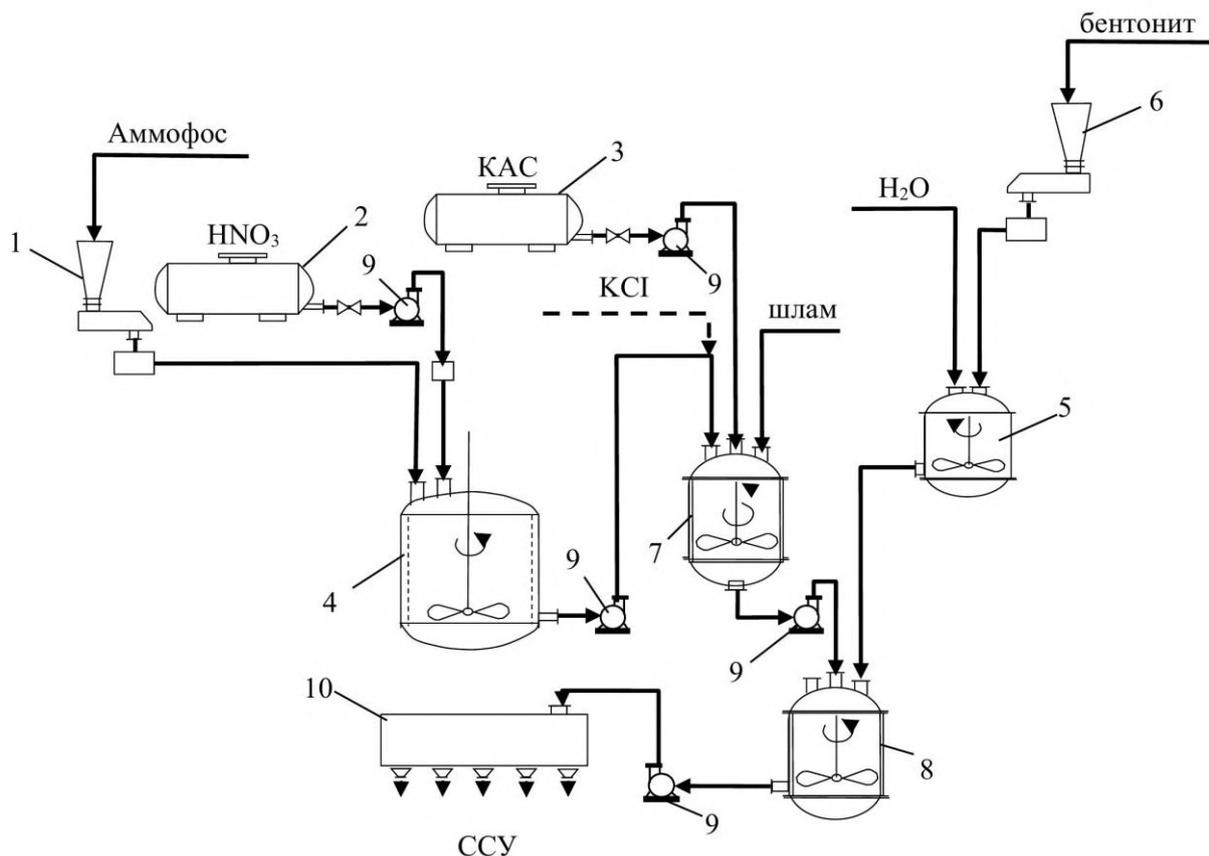


Рисунок. 3.8. Принципиальная схема производства, стабилизированного бентонитом ССУ на основе аммофосной базисной суспензии, раствора КАС и хлорида калия по интенсивному методу: 1,6-бункер, 2,3-цистерна, 4-нейтрализатор, 5,7-реактор-смеситель, 8- реактор-охладитель; 9-насосы, 10-рампа

### § 3.9. Укрупненные испытания технологии получения суспендированных сложных удобрений

На лабораторной опытной установке проведены технологические испытания получения новых форм суспендированных сложных удобрений на основе базисной суспензии, полученной на основе продуктов АКП кальцийсодержащего шлама и аммофоса, КФА, и аммиачной селитры, карбамида и раствора КАС.

В таблицах 3.23 – 3.27 приведены составы и свойства полученных суспендированных сложных NPCa- и NPKCa- удобрений. А на таблицах 4.28-4.29 представлены получения ССУ, материальный баланс и расходные коэффициенты.

**Таблица 3.23**

Химический состав базисной суспензии на основе нитрата кальция шлама, %

№	Соотношение НКШ:Фосфат	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Примечание
НКШ:КФА								
1	1:1	8,37	20,62	6,96	0,31	-	39,99	
2	1:2	7,84	24,88	4,20	0,18	-	40,00	
3	1:4	7,62	28,04	2,36	0,11	-	40,00	
НКШ:аммофос								
4	1:1	7,59	17,12	6,96	0,30	-	39,94	
5	1:2	6,94	20,70	4,21	0,18	-	39,99	
6	1:4	6,51	23,15	2,35	0,10	-	40,00	

**Таблица 3.24**

Химический состав суспендированных сложных NPCa- и NPKCa- удобрений на основе базисной суспензии КФА, раствора КАС (или аммиачной селитры, или карбамида) и хлорида калия, %

N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	H <sub>2</sub> O	N-удобр	KCl	Примечание
При применении раствора КАС									
1:1:0 (б.с.№1)	13,56	13,56	-	4,58	0,76	40,00	28,73	-	На основе б.р. №1
1:2:0	10,56	21,12	-	3,56	0,15	39,99	13,14	-	На основе б.р. №1
1:3:0	8,55	25,60	-	2,71	0,12	40,00	4,65	-	На основе б.р. №3
При применении раствора КАС и KCl									
1:1:1	9,85	9,85	9,85	3,32	0,15	40,00	20,87	16,42	На основе б.р. №1
1:1:2	7,73	7,73	15,46	2,61	0,11	40,00	16,38	25,78	На основе б.р. №1
1:1:3	6,37	6,37	19,11	2,15	0,09	40,00	13,49	31,84	На основе б.р. №3

**Таблица 3.24 (продолжение)**

N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	H <sub>2</sub> O	N-удобр	KCl	Примечание
При применении NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>									
1:1:0	12,81	12,81	-	4,33	0,19	40,00	22,39	-	на основе б.р. №1
1:2:0	9,33	18,66	-	6,30	0,28	40,00	5,18	-	На основе б.р. №1
1:3:0	8,57	25,66	-	2,16	0,09	40,00	4,70	-	На основе б.р. №3
При применении NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> и KCl									
1:1:1	9,44	9,44	9,44	3,19	0,14	40,05	16,50	15,72	на основе б.р. №1
1:1:2	7,48	7,48	14,96	2,53	0,11	40,00	13,08	24,95	На основе б.р. №1
1:1:3	6,20	6,20	18,60	2,09	0,09	40,00	10,83	30,98	На основе б.р. №3
При применении CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>									
1:1:0	14,19	14,19	-	4,80	0,21	40,00	18,34	-	на основе б.р. №1
1:2:0	9,55	19,10	-	6,45	0,28	40,00	3,91	-	На основе б.р. №1
1:3:0	8,77	26,26	-	2,21	0,1	40,00	3,55	-	На основе б.р. №3
При применении CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> и KCl									
1:1:1	10,18	10,18	10,18	3,44	0,15	40,00	13,14	16,96	на основе б.р. №1
1:1:2	7,93	7,93	15,86	2,68	0,12	40,00	10,24	26,48	На основе б.р. №1
1:1:3	8,28	8,28	24,84	2,80	0,12	40,00	10,69	41,39	На основе б.р. №3

**Таблица 3.25**

Реологические свойства суспендированных сложных удобрений  
на основе базисной суспензии КФА

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	Температура, °С						рН
	Вязкость, спз			Плотность, г/см <sup>3</sup>			
	20	30	40	20	30	40	
В присутствии раствора КАС и хлорида калия							
1:1:0	13,54	11,88	10,34	1,295	1,292	1,284	4,3

Таблица 3.25 (продолжение)

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	Температура, °С						рН
	Вязкость, сПз			Плотность, г/см <sup>3</sup>			
	20	30	40	20	30	40	
1:2:0	14,05	12,92	10,55	1,304	1,300	1,294	5,0
1:3:0	15,14	14,09	10,97	1,315	1,307	1,298	5,3
1:1:1	15,34	14,84	11,54	1,330	1,318	1,303	5,5
1:1:2	15,50	15,25	11,69	1,338	1,319	1,304	5,9
1:1:3	15,49	15,22	11,85	1,343	1,327	1,309	6,2
В присутствии карбамида и хлорида калия							
1:1:0	13,98	11,92	10,48	1,299	1,294	1,301	4,5
1:2:0	14,75	13,42	10,97	1,310	1,301	1,287	5,3
1:3:0	14,93	13,69	11,20	1,321	1,309	1,302	5,6
1:1:1	15,61	15,00	11,71	1,337	1,323	1,308	5,8
1:1:2	15,61	15,15	12,04	1,345	1,324	1,310	6,3
1:1:3	15,69	15,15	12,13	1,348	1,331	1,312	6,6
В присутствии аммиачной селитры и хлорида калия							
1:1:0	13,72	11,64	10,42	1,297	1,293	1,285	4,1
1:2:0	14,41	13,11	10,75	1,307	1,299	1,295	4,7
1:3:0	15,03	13,87	11,09	1,317	1,308	1,300	5,0
1:1:1	15,40	15,04	12,05	1,332	1,320	1,305	5,2
1:1:2	15,42	15,20	12,21	1,342	1,322	1,307	5,7
1:1:3	15,55	15,29	12,34	1,345	1,329	1,308	6,0

Таблица 3.26

Химический состав суспендированных сложных NPKCa- и NPKCa- удобрений на основе базисной суспензии аммофоса, раствора КАС (или аммиачной селитры, или карбамида) и хлорида калия, %

N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	H <sub>2</sub> O	КАС	KCl	Примечание
При применении раствора КАС									
1:1:0	13,15	13,15	-	2,67	0,11	39,8	31,23	-	На основе б.р. №5
1:2:0	9,09	18,18	-	3,69	0,16	40,01	10,69	-	На основе б.р. №5
1:3:0	8,57	25,73	-	5,23	0,23	40,00	5,57	-	На основе б.р. №6

**Таблица 3.26 (продолжение)**

N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	H <sub>2</sub> O	КАС	КСІ	Примечание
При применении раствора КАС и КСІ									
1:1:1	9,62	9,62	9,62	1,95	0,08	39,95	22,85	16,04	На основе б.р. №5
1:1:2	7,59	7,59	15,18	1,54	0,07	40,00	4,47	25,29	На основе б.р. №5
1:1:3	6,26	6,26	18,80	1,27	0,05	40,00	1,35	31,35	На основе б.р. №6
При применении NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>									
1:1:0	12,34	12,34	-	2,51	0,10	40,00	24,14	-	На основе б.р. №5
1:2:0	8,85	17,71	-	3,60	0,16	40,00	8,58	-	На основе б.р. №5
1:3:0	7,26	21,78	-	2,21	0,99	40,00	3,46	-	На основе б.р. №6
При применении NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> и КСІ									
1:1:1	9,19	9,19	9,19	1,87	0,08	40,00	17,98	15,32	На основе б.р. №5
1:1:2	7,32	7,32	14,64	1,49	0,07	40,00	14,32	24,41	На основе б.р. №5
1:1:3	6,08	6,08	18,25	1,24	0,05	40,00	11,85	30,42	На основе б.р. №6
При применении CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>									
1:1:0	14,00	14,00	-	2,80	0,12	40,00	19,93	-	на основе б.р. №1
1:2:0	9,16	18,33	-	3,73	0,16	40,00	6,57	-	На основе б.р. №1
1:3:0	6,38	19,13	-	3,90	0,17	40,00	2,60	-	На основе б.р. №3
При применении CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> и КСІ									
1:1:1	9,97	9,97	9,97	2,03	0,09	40,00	14,41	16,62	на основе б.р. №1
1:1:2	7,81	7,81	15,62	1,58	0,07	40,00	11,28	29,57	На основе б.р. №1
1:1:3	6,41	6,41	19,25	1,30	0,06	40,00	9,27	32,09	На основе б.р. №3

**Таблица 3.27**

Реологические свойства суспендированных сложных удобрений на основе базисной суспензии аммофоса

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	Температура, °С						рН
	Вязкость, спз			Плотность, г/см <sup>3</sup>			
	20	30	40	20	30	40	
В присутствии раствора КАС и хлорида калия							
1:1:0	12,98	11,32	9,78	1,292	1,289	1,281	4,5
1:2:0	13,56	12,43	10,06	1,302	1,298	1,292	5,0
1:3:0	14,73	13,68	10,56	1,311	1,303	1,294	5,3

Таблица 3.27 (продолжение)

N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	Температура, °С						pH
	Вязкость, спз			Плотность, г/см <sup>3</sup>			
	20	30	40	20	30	40	
1:1:1	15,02	14,52	11,22	1,323	1,311	1,296	5,7
1:1:2	15,21	14,96	11,40	1,332	1,313	1,298	6,1
1:1:3	15,26	14,99	11,62	1,338	1,322	1,304	6,4
В присутствии карбамид и хлорида калия							
1:1:0	13,42	11,36	9,92	1,296	1,291	1,298	4,7
1:2:0	14,26	12,93	10,48	1,308	1,299	1,285	5,2
1:3:0	14,52	13,28	10,79	1,317	1,305	1,298	5,5
1:1:1	15,29	14,68	11,39	1,330	1,316	1,301	5,8
1:1:2	15,32	14,86	11,75	1,339	1,318	1,304	6,3
1:1:3	15,46	14,92	11,90	1,343	1,326	1,307	6,6
В присутствии аммиачной селитры и хлорида калия							
1:1:0	13,16	11,08	9,86	1,294	1,290	1,282	4,2
1:2:0	13,92	12,62	10,26	1,305	1,297	1,293	4,9
1:3:0	14,62	13,46	10,68	1,313	1,304	1,296	5,2
1:1:1	15,08	14,72	11,73	1,325	1,313	1,298	5,4
1:1:2	15,13	14,91	11,92	1,336	1,316	1,301	5,8
1:1:3	15,32	15,06	12,11	1,340	1,324	1,303	6,1

Таблица 3.28

Расходные коэффициенты получения суспендированных сложных NPCa- и NPKCa- удобрений на основе базисной суспензии КФА, раствора КАС (или аммиачной селитры, или карбамида) и хлорида калия

№	Наимен	На основе КАС		На основе NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		На основе (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	
		NPCa- 11,9:11,9:8	NPKCa- 9,8:9,8:9,8:4,6	NPCa- 11,5:11,5:7,8	NPKCa- 9,8:9,8:9,8:4,6	NPCa- 12,3:12,3:8	NPKCa- 9,8:9,8:9,8:4,6
1.	КФА	226,36	185,90	214,48	178,10	231,65	192,0
2.	HNO <sub>3</sub>	338,48	139,60	326,6	133,75	347,94	144,23
3.	Шлам	179,61	74,08	173,3	70,97	184,63	76,54
4.	КАС	176,58	208,68	-	-	-	-
5.	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	-	-	140,58	165,02	-	-
6.	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	-	-	-	-	110,68	131,48
7.	KCl	-	164,21	-	157,32	-	169,65
8.	H <sub>2</sub> O	137,44	255,1	206,96	321,46	194,35	314,75

**Таблица 3.29**

Расходные коэффициенты получения суспендированных сложных NPCa- и NPKCa- удобрений на основе базисной суспензии аммофоса, раствора КАС (или аммиачной селитры, или карбамида) и хлорида калия

№	Наимен	На основе КАС		На основе NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		На основе (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	
		NPCa- 10,7:10,7:8,6	NPKCa- 9:9:9:7,5	NPCa- 10,5:10,5:8,3	NPKCa- 7,7:7,7:7,7:1,6	NPCa- 11:11:8,7	NPKCa- 10:10:10:2
1.	аммофос	238,82	220.17	232,34	208.98	244,06	226.60
2.	HNO <sub>3</sub>	358,61	302.88	348,88	78.47	366,48	85.09
3.	Шлам	190,34	160.8	185,22	41.63	194,57	54.15
4.	КАС	136,05	114.91	-	-	-	-
5.	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	-	-	109,2	179.78	-	-
6.	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	-	-	-	-	84,78	144.07
7.	KCl	-	155.40	-	153.18	-	166.16
8.	H <sub>2</sub> O	147,48	124.56	193,77	353.56	183,34	349.86

На основе проведенных исследований по получению ССУ на основе кальцийсодержащего шлама совместно со специалистами АО «Farg'onaazot» разработана технологическая схема.

Технология получения ССУ из продуктов азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама, аммофоса, раствора КАС и хлорида калия апробирована на укрупненной опытной установке. Разработаны проекты нормативно-технической документации – стандарт организации, технологический регламент и др.

Таким образом, впервые показана принципиальная возможность получения по рациональной технологии суспендированных сложных удобрений универсального действия на основе местного сырья, как для корневой, так и для внекорневой подкормки. Разработанная технология получения суспендированных удобрений на основе местного сырья будет внедрена после установления агрохимической эффективности и определения маркетинговых исследований потребности рынка. Предлагаемые

суспендированные сложные удобрения по сравнению со стандартными твердыми туками отличаются простотой получения и полностью удовлетворяют требованиям сельскохозяйственного производства.

Технология получения ССУ из продуктов азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама, аммофоса, раствора КАС и хлорида калия апробирована на укрупненной опытной установке. Разработаны проекты нормативно-технической документации – стандарт организации, технологический регламент и др.

Таким образом, впервые показана принципиальная возможность получения по рациональной технологии суспендированных сложных удобрений универсального действия на основе местного сырья, как для корневой, так и для внекорневой подкормки. Предлагаемые суспендированные сложные удобрения по сравнению со стандартными твердыми туками отличаются простотой получения и полностью удовлетворяют требованиям сельскохозяйственного производства.

На основе проведенных лабораторных исследований и серий опытов на лабораторной модельной установке разработаны основные показатели технологических параметров процесса получения суспендированных сложных NPCa- и NPKCa-удобрений из продуктов азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама, аммофоса, раствора КАС, хлорида калия, а также рекомендован лабораторный технологический регламент процесса. Составлены материальные балансы потоков производства и предложены принципиальные технологические схемы получения суспендированных сложных удобрений на основе местного сырья.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании технологических исследований на лабораторной, укрупненной модельной и опытно-промышленной установках по получению новых видов суспендированных сложных удобрений на основе продуктов азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама, аммофоса, кормового фосфата аммония, раствора КАС, нитрата аммония, карбамида и хлорида калия показана принципиальная возможность организации производства препаратов универсального действия эффективных в различных зонах Республики на всех типах, в том числе и на засоленных почвах, под все виды технических, овощебахчевых, плодово-ягодных и других сельхозкультур, как для основного внесения, так и для подкормки в период роста и развития растений.

Изучен процесс получения суспендированных сложных удобрений на основе базисной суспензии при соотношении  $N:P_2O_5=1:0,25$  аммофоса и раствора КАС, содержащих 17,37% общего азота, в том числе из них 8,73% находится в аммонийной форме, а 5,74 и 2,89 % соответственно в амидной и нитратной формах, 17,36 % фосфор ( $P_2O_5$ ) и 30,00 % воды. Сумма питательных веществ в зависимости от нормы КАС составляет 33,98-35,80%. А полученные суспендированные NPK-удобрения в зависимости от нормы КАС и хлорида калия содержат 14,14-15,58% азота, из них 45,12-76,00% находится в аммонийной форме, 36,49-15,98% в амидной форме и 18,39-8,02% в нитратной форме. Сумма питательных веществ при соотношении  $N:P_2O_5:K_2O$  1:1:0,5 составляет 35,34-38,95%. Также установлены оптимальные составы сложных удобрений на основе нитрата аммония и карбамида. Все образцы суспендированных NP-удобрений имеют удовлетворительные реологические свойства. Рассчитан материальный баланс потока их получения.

Для организации опытно-промышленного производства суспендированных сложных удобрений проведены технологические

исследования процесса получения базисной суспензии на основе аммонизации аммофоса и кормового фосфата аммония аммиачной водой до соотношения  $N:P_2O_5=0,33$ , содержащей 12,11% азота, 36-46 % фосфора и 15,00 % воды. Данная технология апробирована и внедрена на опытно-промышленной установке цеха №51 АО «Махам-Ширчиқ» и установлены оптимальные технологические параметры процессов получения новых видов удобрений из измельченного аммофоса, раствора КАС, хлорида калия и бентонита. Выпущено 1,4 т суспендированных сложных удобрений с различными соотношениями основных питательных веществ. На основе технологических испытаний предложены оптимальные быстрореализуемые варианты организации опытно-промышленного производства.

Для разработки рекомендации по организацию опытно-промышленного производства суспендированных сложных удобрений на модельной лабораторной установке синтезированы новые формы суспендированных сложных азотно-фосфорных и азотно-фосфорно-калийных удобрений на основе базисной суспензии, полученной путем смешения продуктов азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама с фосфорным удобрением – аммофосом или КФА, нитрата аммония, карбамида, раствора КАС, хлорида калия.

Изучен процесс разложения кальцийсодержащего шлама цеха водоподготовки АО «Farg'onaazot» азотной кислотой в зависимости от ее нормы. Установлены химические, солевые составы и свойства продуктов разложения. Данный продукт совместно с фосфорными удобрениями (аммофосом, КФА) использован для получения базисной суспензии. Изучены химические и солевые составы, а также определены физико-химические и реологические свойства суспендированных сложных NPCa- и NPKCa-удобрений, синтезированных на основе базисной суспензии аммофоса (или КФА) аммиачной селитры (или карбамида, или раствора КАС) и хлорида калия. Сумма питательных веществ в ССУ в зависимости от нормы исходных

компонентов составляет 25-40 %. Рассчитан материальный баланс производства ССУ и предложена технологическая схема его получения. Разработан лабораторный регламент получения суспендированных сложных удобрений на основе местного сырья.

Суспендированные сложные NРСа- и NРКСа-удобрения на основе смешивания продуктов базисной суспензии аммофоса, полученной из продуктов азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама (52,42 %  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 2,92 %  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ , 44,38 %  $\text{H}_2\text{O}$ ) и аммофоса (или КФА), и аммиачной селитры (или карбамида или раствора КАС) при  $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5=1:1$ , содержит N–10 %,  $\text{P}_2\text{O}_5$ -10 %, CaO – 8 %, MgO – 0,37%,  $\text{H}_2\text{O}$  – 40%. А NРК-удобрение содержит N – 9 %,  $\text{P}_2\text{O}_5$  - 9%,  $\text{K}_2\text{O}$  – 9 %, CaO – 7 %, MgO – 0,32%,  $\text{H}_2\text{O}$  – 34,12%.

Совместно со специалистами АО «Farg'onaazot» проведены технологические испытания получения новых видов суспендированных сложных удобрений. Полученные результаты показали принципиальную возможность организации крупномасштабного опытно-промышленного производства новых видов удобрений на действующем оборудовании АО «Farg'onaazot». Установлены оптимальные технологические параметры, рассчитан материальный баланс, разработаны технологическая схема и проекты нормативно-технической документации (технологический регламент, технические условия и др.). Разработка технологии получения суспендированных удобрений на основе местного сырья будет внедрена после установления агрохимической эффективности и определения маркетинговых исследований потребности рынка.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4707 от 4 марта 2015 года «О программе мер по обеспечению структурных преобразований, модернизации и диверсификации производства на 2015-2019 годы».
2. Указ Президента Республики Узбекистан и № УП-4947 от 07 февраля 2017 года «Стратегий действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах».
3. Постановления Президента Республики Узбекистан от 23.08.2017 года № ПП-3236 «О программе развития химической промышленности на 2017-2021 годы».
4. Кочетков В.Н. Производство жидких комплексных удобрений. М.: Изд-во «Химия», 1978. – 240 с.
5. M.M.Sobirov, S.M.Tadjiev, V.E.Sultonov. Rheological properties of liquid suspended phosphorus containing ammonium nitrate. *Journal of Chemical Engineering and Chemistry Research, USA* – 2015. Vol.2., No.12, pp. 945-952.
6. Беглов, Б. М., Намазов, Ш. С., Дадаходжаев, А. Т., Юлдашев, Ш. Х., & Ибрагимов, Г. И. (2001). Нитрат кальция. Его свойства, получение и применение в сельском хозяйстве.
7. Sobirov, M. M., Tadjiev, S. M., & Sultonov, V. E. (2015). Preparation of phosphorus-potassium-nitrogen containing liquid suspension fertilizers with insecticidal activity. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 50(5), 631-637.
8. Набиев М.Н. (1962). К вопросу о производстве и применении аммиачной воды и жидких сложных удобрений. *Узб. хим. ж.* № 5. С. 5-10.
9. Назирова, Р. М., Таджиев, С. М., Мирсалимова, С. Р., & Акрамов, Ш. Ш. (2018). Интенсивная технология получения РК-удобрений. *Современные научные исследования и разработки*, (3), 415-418.
10. Собирова М.М., Таджиев С.М. (2015). Суспендированные азот-фосфор-калийсодержащие удобрения, обладающие инсектицидной активностью., *Узб.х.ж.* №2, 27-31б.
11. Собиров, М. М., Таджиев, С. М., & Султонов, Б. Э. (2016). Получение суспендированных НРК-удобрений с инсектицидной активностью. *Химическая промышленность*, 93(3), 119-125.

12. Амирова А.М., Набиев (1967). М.Н. Исследование процесса получения тройного бесхлорного жидкого удобрения марки СУМ-Ш-Ж. Минеральные и органоминеральные удобрения, структурообразователи почв и гербициды: В. сб. Ташкент: ФАН, 5-17 с.
13. Набиев М.Н., Касымова М.А. Исследование степени осаждения соединений железа в твердую фазу при нейтрализации азотно-кислотного раствора бухарского (участок Ауминза) фосфорита аммиаком в процессе получения жидких сложных удобрений // Минеральные и органоминеральные удобрения, структурообразователи почв и гербициды: В. сб. – Ташкент: ФАН, 1967. – 47-53 с.
14. Имамназаров Н., Набиев М.Н., Беглов В.М. Исследование коррозионной устойчивости некоторых материалов при производстве и хранении жидких сложных удобрений марки СУМ-У-Ж // Минеральные и органоминеральные удобрения, структурообразователи почв и гербициды: В. сб. – Ташкент: ФАН, 1967. – 101-110 с.
15. Имамназаров Н., Набиев М.Н. Исследование коррозионной устойчивости некоторых материалов при перевозке и внесении жидких сложных удобрений марки СУМ-У-Ж // Минеральные и органоминеральные удобрения, структурообразователи почв и гербициды: В. сб. – Ташкент: ФАН, 1967. – 110-123 с.
16. Беглов В.М., Набиев М.Н. Изучение фильтрации в процессе получения жидких сложных удобрений СУМ-УЖ из фосфоритов Каратау на опытной установке // Минеральные и органоминеральные удобрения, структурообразователи почв и гербициды: В. сб. – Ташкент: ФАН, 1967. – 135-147 с.
17. Mahammadjanovich, S. M., Elbekovich, S. B., & Muhitdinovich, T. S. (2016). Suspended sulfur containing fertilizers based on low-grade Kyzylkum phosphorites. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, (7-8).
18. М.М.Собиров, С.М.Таджиев. Нефть ва газ олтингуурти асосида янги самарали мураккаб ўғитлар олиш. Международная научно-техническая конференция «Состояние и перспективы инновационных идей и технологий в области нефтехимии» 2015 й. Фарғона – 2015. 325-327 с.
19. М.М.Собиров, С.М.Таджиев. Получение суспендированного сложного удобрения, обладающего инсектицидной активностью. Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы отраслей химической технологии» 10-12 ноябрь 2015 й. Бухоро – 2015 й. 290-294.

20. С.М.Таджиев, Д.Х.Ахмедова, З.И.Махсудова, М.М.Собиров. Новые виды жидких удобрений из местного сырья. Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы отраслей химической технологии» 10-12 ноябрь 2015 й. Бухоро – 2015 й. 294-297.
21. С.М.Таджиев, М.М.Собиров, Д.Х.Ахмедова, З.И.Махсудова. Жидкие и суспендированные комплексные удобрения из местного сырья. Материалы УШ-Международной научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития» Навои, Узбекистан 19-21 ноября, 2015г. –с.348.
22. С.М.Таджиев, Т.П.Вайс, Б.И.Ниязалиев, Собиров М.М. Суспендированная фосфорсодержащая селитра. «Қишлоқ хўжалиги экинлари селекцияси ва уруғчилиги соҳасининг ҳозирги ҳолати ва ривожлантириш истиқболлари» Республика илмий-амалий анжумани илмий материаллари 2-қисм. 2015 йил 15-16 декабрь. Тошкент-2015. 397-399 б.
23. С.М.Таджиев, Д.Х.Ахмедова, З.И.Махсудова, Собиров М.М. Жидкие удобрения из местного сырья. «Қишлоқ хўжалиги экинлари селекцияси ва уруғчилиги соҳасининг ҳозирги ҳолати ва ривожлантириш истиқболлари» Республика илмий-амалий анжумани илмий материаллари 2-қисм. 2015 йил 15-16 декабрь. Тошкент-2015. 410-413 б.
24. Собиров М.М., Таджиев С.М., Тухтаев С., Закиров Б.С. Суспендированное сложное удобрение из фосфоритов Центральных Кызылкумов. Тезисы докладов 1<sup>ой</sup>-МК «Ресурсосберегающие технологии переработки фосфоритов Центральных Кызылкумов в фосфорсодержащие удобрения и фосфорные соли» Ташкент 2016, 10 октябрь, с.44.
25. Собиров, М. М., Таджиев, С. М., & Султонов, Б. Э. (2017). Получение суспендированных серосодержащих NPK-удобрений на основе необогащенной фосфоритовой муки. *Химическая промышленность*, 94(3), 129-135.
26. Абдурахманова, Н. К., Назирова, Р. М., & Мирсалимова, С. Р. (2020). Технология получения новых видов жидких азотно-кальциевых удобрений. *Universum: химия и биология*, (11-1 (77)).
27. М.М.Собиров, Д.Х.Ахмедова, З.И.Махсудова, С.М.Таджиев Суспензияли комплекс ўғитлар олиш / “Академик А.Ғ.Ғаниевнинг 85

- йиллигига бағишланган аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари” V республика илмий амалий анжумани материаллари тўплами 2017 йил 26-28 апрель. Термиз-2017. 106-107 б.
28. А.С 207849 ЧССР. МКИ СО5С 5/04. Суспензионное кальциево-азотное удобрение / J.Kraft, M.Hasek, V.Valenta, J.Plasil, V.Vokral (Чехословакия) // РЖХим. – 1984. – 17Л 148.
  29. Патент 97138 СРР. МКИ<sup>4</sup> СО5С 9/00, СО5С 5/04. Получение твердого и жидкого удобрений на основе нитрата кальция / S.S.Lanyi, I.Constantinescu, C.-M.Costache, A.Dorneanu (Румыния) // РЖХим. – 1990. – 16Л 181.
  30. М.М.Собиров, С.М.Таджиев Суспензиялаштирилган комплекс ўғитлар олиш / “Озиқ-овқат ва кимё саноатида чиқиндисиз ва экологик самарадор технологияларни қўллаш” Республика илмий-амалий анжуман материаллари тўплами 2-қисм. 2017 йил 14 март. Наманган-2017. 186-187 б.
  31. М.М.Собиров, З.И.Махсудова, Д.Х.Ахмедова, С.М.Таджиев Получение сложных суспендированных удобрений / “Кимё саноатида инновацион технологиялар ва уларни ривожлантириш истиқболлари” Республика илмий-амалий анжуманининг мақолалар тўплами 1-жилд. 2017 йил. Урганч-2017. 135-137 б.
  32. Бабаджанов М. Х. Исследование получения жидких сложных удобрений из фосфоритов Центральных Кызылкумов // Вестн. Каракалп. фил. АН УзССР, 1990. - № 2. – С. 11-15.
  33. Патент 3377153 США. МКИ 71-37. Аммонизация азотнокислотной вытяжки природного фосфата для получения суспендированного удобрения / С.С.Legal, А.Richmond (США) // РЖХим. –1969. – 24Л 233.
  34. Патент 1165257 Англия. МКИ С1А, АG4 (СО5В). Удобрения / Д.А. Palgrave, R.Clark (Англия) // РЖХим. – 1970. – 14Л 304.
  35. А.С. 251595. МКИ 16,6 (СО5В). Способ получения сложного удобрения / М.Н.Набиев, Н.И.Крылова, В.М.Беглов. К.Убайдуллаева // РЖХим. – 1970. – 17Л 171.
  36. Патент 133087 ГДР. МКИ СО5В 11/06. Способ получения суспензионных фосфорных удобрений / Н.Grauss, А.Tszchach (ГДР) // РЖХим. – 1979. – 21Л.

37. Набиев М.Н., Беглов В.М., Крылова Н.И., Убайдуллаева К. Новые виды жидких азотно-фосфорных удобрений // Узб. хим. ж., 1969. - № 4. – С. 3-5.
38. Патент № 53-46744 Япония. МКИ 4А0, (С05 G 3/00). Изготовление удобрений / Йосида Кан, Ямасита Хироси (Япония) // РЖХим. – 1980. – 4Л 129.
39. Раджабов Р., Таджиев С.М., Тухтаев С. Жидкое суспендированное сложное удобрение // Сборник материалов Респ. науч. техн. конф. «Достижения и перспективы комплексной химической переработки топливно-минерального сырья Узбекистана» – Ташкент, 7-8-октября, 2008. Том II. – С. 161-163.
40. Тожиев С.М., Акбарова М.Г., Махсудова З.И., Ахмедова Д.Х. Қизилқум фосфоритидан суюқ ўғитлар олиш // Сборник материалов Респ. науч. техн. конф. «Достижения и перспективы комплексной химической переработки топливно-минерального сырья Узбекистана» – Ташкент, 7-8-октября, 2008. Том II. – С. 149-151.
41. Таджиев С.М., Тухтаев С., Вайс Т.П., Ниязалиев Б.И. Жидкая суспендированная фосфор- и серосодержащая селитра // «Дехқончилик тизимида зироатлардан мўл ҳосил етиштиришнинг манба ва сув тежовчи технологиялари» мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция маърузалари тўплами. – Тошкент, 2010. – С. 244-246.
42. Набиев М.Н. Азотнокислотная переработка фосфатов. Т. 1-2. – Ташкент.: ФАН, 1976. - 820 с.
43. Патент RU 2046115, С05 Д9/02, С05 С11/06, опубл. 20.10.1995 г. Способ получения суспендированного удобрения / Степченко А.Г. Костюченко С.С. Люткайтите Е.К. Хаджинов Н.И.
44. Патент RU 2142928, С05В7/00, опубл. 20.12.1999 г. Способ получения комплексных жидких удобрений / Муравьев В.А.Громова И.Н.Нечаев В.Н.Нутрихина С.В.Трошина С.Н.Петрова Н.К.Федотов С.А.Назмеев В.М.)
45. Патент RU 2167133, С05В7/00, С05D1/00, С05G1/00, опубл. 20.05.2001 г. Способ получения прозрачных жидких комплексных удобрений / Ракчеева Л.В., Кузьмичева Т.Н., Иванова И.К., Малютина Н.Ю., Колпаков Ю.А.
46. А.с. СССР N 1060603 от 15.12.83 г., МКИ С 05 G 1/0,6; С 05 D 9/02, Способ получения удобрения для гидропоники / Б.Д.Федюшкин, О.И.Агатова, А.А.Новиков, В.А.Терсин, В.Б.Убина, О.Т.Гавлина.

47. Патент С.Р.Р. N 93426 от 30.12.85 г., МКИ С 05 G 1/00. Способ получения жидкого сложного удобрения.
48. Технология фосфорных и комплексных удобрений. Москва, "Химия", 1987 г., стр. 280.
49. Кочетков В.Н., Андреев М.В., Янкин В.М. и др. / Производство жидких комплексных удобрений марки 10-34-0 // Химическая промышленность — 1980. № 2. — С. 37—38.
50. Ершова С.М., Ефимова Л.В., Зарубина В.А. и др. / Растворимость микроэлементов в жидких комплексных удобрениях // Химическая промышленность — 1980. № 9. — С. 30—31.
51. Шарипов Т.В., Мустафин А.Г., Кинязбулатова Г.С. и др. Способ получения жидких комплексных удобрений. Патент РФ 2510626. Оpubл. 10.04.2014. Бюл. № 10. — 4 с.
52. Патент 1165257 Англия. МКИ С1А, АG4 (СO5В). Удобрения Д.А. Palgrave, R.Clark (Англия) // РЖХим. — 1970. — 14Л 304.
53. Патент 3377153 США. МКИ 71-37. Аммонизация азотнокислотной вытяжки природного фосфата для получения суспендированного удобрения / С.С. Legal, А. Richmоnd (США) // РЖХим. — 1969. — 24Л 233.
54. Патент 133087 ГДР. МКИ СO5В 11/06. Способ получения суспензионных фосфорных удобрений / Н. Grauss, А. Tszchach (ГДР) // РЖХим. — 1979. — 21Л 172.
55. А.С. 207849 ЧССР. МКИ СO5С 5/04. Суспензионное кальциево-азотное удобрение / J. Kraft, М. Hasek, V. Valenta, J. Plasil, V. Vokral (Чехословакия) // РЖХим. — 1984. — 17Л 148.
56. Pichai Triratanaprapunta, Yongyuth Osotsapar, Ravie Sethpakdee, Suphachai Amkha. The Physical Property Changes during Storage of 25-7-7 Analysis Grade of Suspension Fertilizer Processed by Luxen's Method // Modern Applied Science; Vol. 8, No. 6; 2014, Published by Canadian Center of Science and Education.
57. Патент SU 711022. Способ получения комплексных суспендированных удобрений / С. П. Кочетков и Г, В. Пермитина. 25.01.1980.
58. Патент SU 1030350 А. Способ получения суспендированных комплексных удобрений / В. Г. Тихомиров и В, П. Горшков. 23.07.83

59. Патент RU №2046115 C05D9/02, C05B11/06. Способ получения суспендированного удобрения / Степченко А.Г., Костюченко С.С., Люткайтис Е.К., Хаджинов Н.И. 20.10.1995.
60. Патент RU 2182146, C05G1/06. Способ получения устойчивого суспендированного удобрения / Мищенко В.Н., Пазухина Г.А., Кривоносенко С.М., Пакшвер С.Л., Романов Г.В., Костенко К.Д., Шагин Ю.В.; Мочкова Т.В. 10.05.2002.
61. ПАТЕНТ РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ, ВУ 7282. Способ получения водорастворимых бесхлорных сложных удобрений и способ получения суспендированных жидких комплексных удобрений /Дормешкин О.Б., Сагайдак Д.И., Воробьев Н.И., Матвеевцева М.С., Шатило В.И., Островский Л.К. 30.09.2005.
62. М.М.Собиров, Махсудова З.И., Урозов Т.С., Таджиев С.М. Жидкие и суспендированные серосодержащие сложные удобрения / «Илмий ахборотнома» Самарқанд – 2016. - №5 – С. – 68-72.
63. М.М.Собиров, С.М.Таджиев, С.Тухтаев, Б.С. Зокиров Суспендированное сложное удобрение из фосфоритов Центральных Кызылкумов / Первая международная конференция «Ресурсосберегающие технологии переработки фосфоритов Центральных Кызылкумов в фосфорсодержащие удобрения и фосфорные соли» тезиси докладов. Ташкент – 2016. С-44.
64. М.М.Собиров, С.М.Таджиев, Б.Э. Султонов Изучение процесса пенообразования при разложении серосодержащих высококарбонатных фосфоритов азотной кислотой // Журнал «Химия и химическая технология», Ташкент-2017 – №2 – С – 21-27
65. Mahammadjanovich, S. M., Muhitdinovich, T. S., & Elbekovich, S. B. (2016). Obtainment of suspended phosphorus-potassium containing nitrate. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, (9-10).
66. Mahammadjanovich, S. M., Elbekovich, S. B., & Muhitdinovich, T. S. (2016). Suspended sulfur containing fertilizers based on low-grade Kyzylkum phosphorites. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, (7-8).
67. Собиров, М. М., Таджиев, С. М., & Султонов, Б. Э. (2016). Получение суспендированных НРК-удобрений с инсектицидной активностью. *Химическая промышленность*, 93(3), 119-125.

68. Собиров М.М., Таджиев С.М. Рациональная технология получения суспендированных удобрений из местного сырья/ «Ўзбекистонда аналитик кимёнинг ривожланиш истиқболлари» Республика илмий-амалий анжумани тўплами. ЎзМУ, Тошкент, 2018 йил 11 май. Тошкент-2018, 255-258 б.
69. Собиров М.М., Махсудова З.И., Ахмедова Д.Х., Таджиев С.М. Саноат чиқиндиси асосида мураккаб ўғитлар олиш /«Ўзбекистонда аналитик кимёнинг ривожланиш истиқболлари» Республика илмий-амалий анжумани тўплами. ЎзМУ, Тошкент, 2018 йил 11 май. Тошкент-2018, 258-260 б.
70. М.М.Собиров, З.И.Махсудова, Д.Х.Ахмедова, С.М.Таджиев. Получение удобрения для засоленных почв из кальцийсодержащего шлама / Материалы Республиканская научно-практическая конференция «Эффективность использования местных минералов при восстановления деградированных почв» Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук, 18-19 октября 2018 г.
71. М.М.Собиров, З.И.Махсудова, Д.Х.Ахмедова, С.М.Таджиев. Суспендированное сложное удобрение из местного сырья/Материалы Международной научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы развития производства фосфорсодержащих удобрений на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов и Каратау». Ташкент, ИОНХ АН РУз, 25-26 октября 2018 г. С.84-85
72. М.М.Собиров, З.И.Махсудова, Д.Х.Ахмедова, С.М.Таджиев. Суспендированные сложные NP-удобрения на основе местного сырья/ Международная научно-техническая конференция, посвященная 60-летию НГМК «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса»Навоийский государственный горный институт,11-12 октября 2018 г. С.234-235.
73. Шеркузиев Д.Ш. О составе жидкой и твердой фаз продуктов разложения фосфоритов Центральных Кызылкумов при пониженной норме азотной кислоты // Узб. хим. ж. – 2008. - №3. – С. 63-67.
74. Шеркузиев, Д. Ш., Усмонова, З. Т., & Намазов, Ш. С. (2020). Физико-химические свойства жидких азотнокальциевых удобрений на основе нитратноаммонийнокальциевого раствора и карбамидно-аммиачной селитры. *Universum: технические науки*, (4-2 (73)).

75. Реймов А.М., Шеркузиев Д.Ш., Намазов Ш.С., Раджабов Р.Р., Беглов Б.М. Жидкие азотнокальциевые удобрения на основе азотнокислотной вытяжки фосфатов и карбамида // Химическая промышленность. – Санкт-Петербург. – 2010. т. 87. – №5. – С. 228-234.
76. Шеркузиев Д.Ш. Получение жидких комплексных удобрений на основе нитратноаммонийнокальциевых растворов и карбамидо - аммиачной селитры // Узб. хим. ж. – 2010. - №3. – С. 84-87.
77. Шеркузиев Д.Ш., Реймов А.М., Раджабов Р.Р., Намазов Ш.С. Жидкие комплексные удобрения и их свойства // Узб. хим. ж. – 2010. - №4. – С. 66-70.
78. Реймов А.М., Шеркузиев Д.Ш., Намазов Ш.С. Получение комплексных азотнофосфорнокальциевых удобрений из жидкой фазы продуктов разложения фосфоритов Центральных Кызылкумов азотной кислотой // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Достижения и перспективы комплексной химической переработки топливно-минерального сырья Узбекистана» – Ташкент, 7-8-октября. – 2008г. – С. 180-183.
79. Шеркузиев Д.Ш., Реймов А.М., Намазов Ш.С. Рациональная технология получения азотфосфоркальцийсодержащего удобрения на основе разложения фосфоритов Центральных Кызылкумов при пониженной норме азотной кислоты // «Ноанъанавий кимёвий технологиялар ва экологик муаммолар» мавзусидаги Фаргона политехника институти V – Республика илмий-амалий анжуманининг материаллари. – Фергана. – 2009. – С. 97-98.
80. Шеркузиев Д.Ш., Реймов А.М., Намазов Ш. С., Раджабов Р.Р. Жидкие комплексные удобрения на основе жидкой фазы нитрокальцийфосфатной пульпы и нитрата аммония // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Кимёнинг долзарб муаммолари». – Самарканд. – 2009. – С. 15-16.
81. Шеркузиев Д.Ш., Реймов А.М. Жидкие азотно-кальциевые удобрения на основе Кызылкумских фосфоритов // «Инновации. Интеллект. Культура» Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов, посвященной 15-летию ТИИ ТюмГНГУ, 20 ноября 2009. – Тюмень. – 2009. – С. 7.
82. Шеркузиев Д.Ш., Реймов А.М., Намазов Ш.С. Твердые и жидкие комплексные удобрения на основе Кызылкумских фосфоритов //

- Материалы международной научно-технической конференции «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». 12-14 мая 2010. – Навои. – 2010. – С. 335-336.
83. Шеркузиев Д.Ш. Физико-химические свойства жидких комплекс-ных удобрений // *Yosh olimlarning «Yuqori texnologik ishlanmalar ishlab chiqarishga» mavzuidagi ilmiy-amaliy anjumani.* – Toshkent. – 2010. – С. 85-86.
  84. Шеркузиев Д.Ш., Реймов А.М. Жидкие комплексные удобрения на основе раствора карбамида и аммиачной селитры // *Материалы Республиканской научно-практической конференции «Проблемы развития малого бизнеса, основанного на научных достижениях и инновационных технологиях, взглядом молодых ученых».* 3 марта 2011г. – Ташкент. – 2011. – С. 234 – 235.
  85. Е.Дудкина, агроном-технолог- Корпорации (Агро-Союз). Карбамидно-аммиачная смесь (КАС). 2013. 20- 22 стр.
  86. Жмай Л.А. Аммиачная селитра в России и в мире // *Научно-технические новости.* – Москва, 2004. Спец.выпуск.-№ 2. -С. 23-24.
  87. Ибодуллоева М.И., Т.А. Азизов, О.В. Мячина, О.Т. Азизов *Агрохимическая эффективность стимулятора роста Zn-11 на культуре хлопчатника в вегетационном опыте.* // *Рес. научно-практическая конф. «Достижения химической науки и задачи применения в практике современных образовательных технологий».* 25-26 мая 2007 г, Ташкент, 2007. -С.-56-59.
  88. Ибодуллоева М.И., Азизов Т.А., Курбонова Н.Р., Назиров К., Парпиев Н.А., Азизов О.Т. Магний нитрати ва никотинатининг амидли координацион бирикмалари. // *М.Улугбек номидаги ЎзМУ 90 йиллигига бағишланган профессор - ўқитувчиларининг илмий-амалий конференцияси материаллари.* Тошкент, 2008. – Б. 53-55.
  89. Завалин А. А., Алметов Н. С. Влияние азотного удобрения и биопрепаратов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на дерново-слабоподзолистой легкосуглинистой почве // *Журнал Агрохимия.* -№6. -2006. -С.38.
  90. Минеев В. Г., *Журнал Агрохимия, Наука* 2006г с.526.
  91. Будыкина Н.П. Оценка биопотенциала новых регуляторов роста растений / Н.П. Будыкина, Т.Ф. Алексева, Н.И. Хильков //

- Агрохимический вестник. 2007. - №6. - С. 24-26.
92. Гунин Валерий Владимирович. Автореферат. Иваново – 2008. Технология комплексных кальцийсодержащих удобрений на основе азотнокислотного разложения апатита. –С.16.
  93. А. Р. Цыганов, Э. М. Батыршаев, И. Р. Вильдфлуш. Влияние комплексного применения минеральных удобрений и средств защиты растений на интенсивность продукционных процессов, урожайность и качество зерна озимого тритикале // Почвоведение и агрохимия. – Белоруссия. -№1(50). -2013. –С.146-156.
  94. Почиталкина Ирина Александровна. Автореферат диссертации по химической технологии, 05.17.01, диссертация на тему: Потенциометрические исследования разложения апатита минеральными кислотами и разработка процесса получения концентрированных NPK-удобрений. -Москва. -2001. –С.9-11.
  95. Иващенко Ираида Николаевна. Автореф...диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Влияние регуляторов роста на устойчивость к стрессовым факторам, урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном. –Ставрополь. -2010. –С.11-13.
  96. Абарова Е. Э. Влияние различных форм азотных удобрений на урожайность сортов ячменя // Почвоведение и агрохимия. –Минск. - 2009. -№1(42). -С. 93-102.
  97. Л. Р. Цыганов, И. Р. Вильдфлуш, М. А. Лещина. Эффективность совместного и отдельного применения КАС с регуляторами роста и микроудобрениями при возделывании овса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Весці Нацыянальная Акадэміі Навук Беларусі. –Белоруссия. -2009. -№4. –С. 54.
  98. А. Г. Ганусевич. Экономическая эффективность применения КАС с модифицирующими добавками при возделывании яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Зеипяробстеа і ахова рашн. -2011. -№1. –С.65.
  99. Каноатов Х.М. Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Фосфорнокислотная активация фосфоритов Центральных Кызылкумов // Химическая технология. Контроль и управление. - №4. – С. 5-11ю
  100. Артеменко В.В., Ямчук А.В., Акаев О.П., Озерова Т.И., Гунин В.В.

- Влияние жидкофазного комплексного удобрения (ЖКУ) на рост, развитие и урожайность оздоровленного картофеля // Вопросы повышения урожайности сельскохозяйственных культур: материалы Междунар науч.-метод. конф. – Иваново: ИГСХА, 2007. – С. 244 - 250.
101. Šlinkšienė R., Sviklas A. Жидкие удобрения из доломита // Докл. [Jubelee Conference with International Participation, Sofia, 4-5 June, 2003]. *J. Univ. Chem. Technol. and Met.*, 2003. 38. - № 2. – С. 427-434.
102. Свиклас А., Шлинкшене Р. Жидкие удобрения на основе доломита, азотной кислоты и аммиака // *Журн. прикл. химии*, 2003. 76. - № 12. – С. 1937-1942.
103. Тожиев С.М., Акбарова М.Г., Махсудова З.И., Ахмедова Д.Х. Қизилкум фосфоритидан суюқ ўғитлар олиш // Сборник материалов Респ. науч. техн. конф. «Достижения и перспективы комплексной химической переработки топливно-минерального сырья Узбекистана» – Ташкент, 7-8-октября, 2008. Том II. – С. 149-151.
104. Таджиев С.М., Тухтаев С., Вайс Т.П., Ниязалиев Б.И. Жидкая суспендированная фосфор- и серосодержащая селитра // «Деҳқончилик тизимида зироатлардан мўл ҳосил етиштиришнинг манба ва сув тежовчи технологиялари» мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция маърузалари тўплами. – Тошкент, 2010. – С. 244-246.
105. Таджиев С.М., Икрамов М.Х., Собиров М.М., Назирова Р.М., Хошимов А.А. Аммиакли селитра ва аммофоснинг базис суспензияси асосидаги NPK - суспензияли ўғитлар ФарПИ ИТЖ НТЖ ФерПИ (STJ FerPI), 2019, спец.вып. №1
106. Икрамов М.Х., Собиров М.М., Таджиев С.М., Суспендированные сложные NP- и NPK удобрения на основе аммофосной пульпы, карбамидо-аммиачной смеси и хлорида калия Наманган муҳандислик-технология институти илмий-техника журнали.
107. Икрамов Мубошир Хамидович, Собиров Мухторжон Махаммаджанович Таджиев Сайфиддин Мухиддинович Сложное суспендированное NPK-удобрение из местного сырья “Қорақалпоғистон Республикасида кимё, кимёвий технология, нефт-газ ва енгил саноат соҳалари ривожининг долзарб муаммолари» Республика илмий –амалий конференцияси, Нукус, 2019, 24 май, с.96-98.

108. Икрамов, М. Х., Собиров, М. М., & Таджиев, С. М. (2019). Суспендированное сложное NPK-удобрение на основе кальцийсодержащего шлама. *Universum: химия и биология*, (1 (55)).
109. Ikramov M.H., Sobirov M.M., Tajiev S.M., Liquid NPK Fertilizer International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Indiya vol 6 issue 1 Januare 2019.
110. Икрамов М.Х., Собиров М.М., Таджиев С.М., Суспендированное сложное NPK-удобрение кальцийсодержащего из местного сырья. *Universum: технические науки Москва 2019. № 1 (55) Pp. 30-34.*
111. Икрамов М.Х., Собиров М.М., Таджиев С.М., Изучение процесса получения нитрата кальция - продуктов азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама. Научный центр «Олимп». Сборник материалов XXV МНПК «Научные исследования современных ученых» 30.08.2019 г. Г.Москва.-с.80-84.
112. Р.М.Назирова, С.М.Таджиев, Б.С.Закиров, С.Тухтаев. Получение азотно-фосфорно-калийных удобрений на основе камерного суперфосфата, карбамида и хлорида калия. // Кимевий технология: назорат ва бошқарув. Халқаро илмий-техникавий журнал. – Тошкент, 2017. – № 1 – 5-10 б.
113. Назирова, Р. М., Мирзаолимов, А. Н., Таджиев, С. М., & Мирсалимова, С. Р. (2020). Разработка технологии азотно-серного жидкого удобрения на основе местного сырья. *Universum: технические науки*, (8-3 (77)).
114. Назирова, Р. М., Таджиев, С. М., & Закиров, Б. С. (2017). РК-удобрение на основе сернокислотной переработки фосфоритов Центральных Кызылкумов и хлорида калия. *Химическая промышленность*, 94(1), 34-39.
115. Muxtarovna, N. R., Mukhtarovich, T. S., & Saydiaxral, T. (2016). Phosphorus-potassium and nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer based on washed and dried concentrate from central Kyzylkum phosphorite. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, (9-10).
116. Р.М.Назирова, С.М.Таджиев, Б.С.Закиров. (2016). Фосфорно-калийное удобрение из местного сырья. Фаргона политехника институти илмий-техника журнали. Фаргона,. № 4 96-100 б.
117. Назирова, Р. М., Таджиев, С. М., Закиров, Б. С., & Тухтаев, С. (2016). Получение NPK-удобрения из мытого сушеного фосфоритового концентрата. *Universum: технические науки*, (10 (31)).

118. Р.М.Назирова, С.М.Таджиев, Б.С.Закиров, Т.С. Урозов, Ш. Очилова. Получение NPK-удобрений на основе суперфосфата, сульфата аммония и хлорида калия. // Вестник СамГУ. – Самарканд, 2017. – № 3 – С. 18-22.
119. Р.М. Назирова, С.М.Таджиев. Азот, фосфор ва калий ўғитларини олишнинг интенсив технологияси. // Ўзбекистон кишлок хўжалиги журнали. – Тошкент, 2013. – № 12 – 27 б.
120. Назирова, Р. М., Таджиев, С. М., Мирсалимова, С. Р., & Маруфжанов, А. (2018). Фосфорно-калийные удобрения на основе камерного суперфосфата. *Современные научные исследования и разработки*, (12), 614-617.
121. Назирова, Р. М., Таджиев, С. М., Мирсалимова, С. Р., & Акрамов, Ш. Ш. (2018). Интенсивная технология получения РК-удобрений. *Современные научные исследования и разработки*, (3), 415-418.
122. Mukhtarovna, N. R., & Kholdoralievich, A. H. (2020). Technology of long-term storage of some types of fruits and vegetables using sorbents. *International Engineering Journal For Research & Development*, 5(5), 4-4.
123. Roziqova, D. A., Sobirov, M. M., Nazirova, R. M., & Hamdamova, S. (2020). Production of nitrogen-phosphorus-potassium fertilizers based on washed hot concentrate, ammonium nitrate and potassium chloride. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 10(9), 215-220.
124. Roziqova, D. A., Sobirov, M. M., Nazirova, R. M., & Hamdamova Sh, S. H. (2020). Obtaining Nitrogen-Phosphoric-Potassium Fertilizers Based on Waste Thermal Concentrate, Ammonium Nitrate and Potassium Chloride. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 7(7), 14501-14504.
125. Назирова, Р. М., Таджиев, С. М., Мирсалимова, С. Р., & Худаярова, Д. (2019). Интенсивная технология NPK-удобрений на основе мытого сушёного концентрата центральных Кызылкумов. *Проблемы современной науки и образования*, (2 (135)).
126. Назирова, Р. М., Таджиев, С. М., Мирсалимова, С. Р., & Кодирова, М. Р. К. (2020). Сложные удобрения на основе азотнокислотной переработки необогащённой фосфоритной муки в присутствии нитрата аммония. *Universum: технические науки*, (6-3 (75)).
127. Nazirova, R. M., Khoshimov, A. A., Tadjiyev, S. M., & Mirsalimova, S. R. (2020). Investigation of solubility kinetics and interaction of stabilizing

- additive in production of complex fertilizers based on granular nitrate and stabilizing additives. *Academicia an international multidisciplinary research journal*, 10(5), 657-664.
128. Назирова, Р. М., Таджиев, С. М., Хошимов, А. А., & Мирсалимова, С. Р. (2020). Изучение физико-химических свойств добавок при производстве новых видов сложных стабилизированных удобрений. *Universum: технические науки*, (5-2 (74)).
129. Назирова, Р. М., Таджиев, С. М., Мирсалимова, С. Р., & Хошимов, А. А. (2020). Сложные удобрения на основе азотно-сернокислотной переработки небогащенной фосмуки, нитрата аммония и карбамида. *Проблемы современной науки и образования*, (5 (150)).
130. Назирова, Р., Таджиев, С., Мирсалимова, С., & Хамдамова, Ш. (2019). Интенсификация процесса получения сложных удобрений из местного сырья.
131. Собиров, М., Назирова, Р., Хамдамова, Ш., & Таджиев, С. (2020). Интенсификация процесса получения комплексных суспендированных удобрений с инсектицидной активностью. *МОНОГРАФИЯ*. Издательство «EUROPEAN SCIENTIFIC PLATFORM». Украина, 128 с.
132. Назирова, Р. М., Усмонов, Н. Б., Хаитов, Р., & Тухташев, Ф. Э. (2020). Влияние условий возделывания и режимов хранения на химический состав корнеплодов моркови. *Проблемы современной науки и образования*, (5 (150)).

СЕТЕВОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

М.ИКРАМОВ  
Р.НАЗИРОВА  
С.МИРСАЛИМОВА  
С. ТАДЖИЕВ

**НОВЫЕ ВИДЫ СУСПЕНДИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ  
НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ**

**МОНОГРАФИЯ**

*[на русском языке]*

Сетевое электронное научное издание (PDF).  
Объем данных 6,5 Мб. Шрифт Times New Roman.  
Дата издания и публикации: 25.12.2020.

---

**Издатель и изготовитель:**

ОО «Европейская научная платформа»  
ул. Зодчих, 18, офис 81, г. Винница, Украина; 21037  
Тел.: +38 098 1948380; +38 098 1956755  
E-mail: info@ukrlogos.in.ua  
www.ukrlogos.in.ua | www.ojs.ukrlogos.in.ua

Свидетельство субъекта издательского дела: ДК № 7172 от 21.10.2020 г.



В монографии рассматриваются процессы получения новых форм комплексно действующих жидких и суспендированных NP-, NPCa-, NPK- и NPKCa-удобрений на основе аммофоса, промышленного кальцийсодержащего техногенного отхода.

На основе исследований разработана рациональная технология получения новых видов суспендированных сложных удобрений с удовлетворительными реологическими свойствами на основе базисной суспензии из аммофоса и продуктов азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама, раствора КАС, нитрата аммония, карбамида и хлорида калия. установлены оптимальные условия получения новых форм комплекснодействующих сложных суспендированных удобрений на основе продуктов азотнокислотного разложения кальцийсодержащего шлама, аммофоса, раствора КАС, нитрата аммония, карбамида и хлорида калия;

На основании исследований установлены оптимальный режим получения базисной суспензии нейтрализацией аммофоссодержащей азотной кислоты кальцийсодержащим шламом в зависимости от соотношения  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ :аммофос; определено оптимальное соотношение  $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5=0,33$  в процессе получения стабильной базисной суспензии при нейтрализации азотнофосфорнокислотной пульпы из аммофоса аммиачной водой; доказано влияние раствора КАС, нитрата аммония, карбамида, и хлорида калия на химический состав и свойства новых видов суспендированных сложных удобрений;

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что внедрение разработки в промышленность позволит выпускать новые формы суспендированных сложных удобрений, предназначенные для выращивания всех сельскохозяйственных культур в закрытых грунтах, а также для корневой и внекорневой подкормки плодовых деревьев.

Полученные результаты могут быть использованы при организации опытно-промышленного производства новых видов удобрений, в исследованиях, проводимых отраслевыми институтами Академии наук РУз, в вузах РУз, в частности в курсах лекций по технологии неорганических веществ. В монографии использованы работы авторов, выполненных в лаборатории «Комплексных удобрений» Института общей и неорганической химии АН РУз.

**Монография рекомендована для специалистов работающих в области производства различных удобрений, химиков-технологов, а также студентов и магистров по специальности «Химическая технология» (по видам производств), «Химическая технология минеральных удобрений» (Химическая технология неорганических материалов)**

ISBN 978-6-177991-01-3



9

786177

991013