

661
НТЗ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 661.833

НОВИК Дмитрий Михайлович

**БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
НИТРАТА КАЛИЯ КОНВЕРСИОННЫМ МЕТОДОМ**

05.17.01 – Технология неорганических веществ

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 2004

Работа выполнена на кафедре технологии неорганических веществ и общей химической технологии Белорусского государственного технологического университета.

Научный руководитель заслуженный деятель науки Республики Беларусь, доктор технических наук, профессор
Воробьев Николай Иванович

Научный консультант кандидат технических наук, доцент
Дормешкин Олег Борисович

Официальные оппоненты: доктор химических наук, профессор
Башкиров Леонид Андреевич;

кандидат технических наук, доцент
Меженцев Александр Анатольевич

Оппонирующая организация **Институт общей неорганической химии НАНБ**

Защита состоится « 1 » июня 2004 г. в 14⁰⁰ ч на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.02 Белорусского государственного технологического университета, г. Минск. ул. Свердлова, 13 а, тел. (017) 227-22-51.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного технологического университета.

Автореферат разослан « » апреля 2004 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
д-р техн. наук, профессор



В.А. Марков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Современные технологии выращивания овощных культур в закрытом грунте, основанные на введении питательных растворов к корневой системе растений с использованием систем капельного полива, обуславливают необходимость использования в качестве удобрений водорастворимых бесхлорных соединений, так как большинство овощных культур являются хлорофобными.

Всем этим требованиям полностью удовлетворяет нитрат калия. Однако производство данного вида удобрения в Республике Беларусь отсутствует, поэтому он закупается по импорту. Стоимость одной тонны нитрата калия на мировом рынке составляет более 500 долларов США, что ведет к расходованию значительных объемов валютных средств, так как ежегодная потребность РБ в калиевой селитре составляет более 800 тонн. Это обуславливает необходимость создания собственного производства нитрата калия.

Наибольший интерес для условий Республики Беларусь представляют конверсионные методы получения нитрата калия, которые основаны на реакциях обменного взаимодействия между различными нитратами и хлоридом калия. В качестве нитратсодержащего компонента возможно использование растворов нитрата аммония либо жидкого азотного удобрения типа КАС, выпускаемых на Гродненском ОАО «Гродно Азот». Источником калия служит галургический хлорид калия ПО «Беларуськалий».

В связи с вышеизложенным, одной из актуальных научно-технических проблем развития тепличного овощеводства в Республике Беларусь является создание собственного производства нитрата калия на базе отечественных продуктов, что является темой данной работы.

Связь работы с крупными научными программами, темами. Диссертационная работа выполнялась в соответствии с заданием 1.07 «Разработать и освоить технологию комплексного бесхлорного водорастворимого удобрения – нитрата калия для тепличного хозяйства на базе отечественного сырья» Государственной научно-технической программы «Минеральные удобрения» на 2001 – 2005 г.г., утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 01.02.2001 г. № 141.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы является: установление оптимального технологического режима получения нитрата калия конверсионным методом на основе технических продуктов и разработка безотходной технологии производства.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

565 ар



- исследовать влияние технологических параметров процесса конверсии раствора нитрата аммония хлоридом калия на выход и состав продукта, установить технологический режим процесса конверсии, обеспечивающий получение конечного продукта за одну стадию и исключаящий выпарку маточных растворов;

- исследовать влияние карбамида на растворимость во взаимной системе $K^+, NH_4^+ // Cl^-, NO_3^- - H_2O$ и на основные показатели процесса конверсии; установить возможность использования растворов КАС в качестве нитратсодержащего компонента при получении нитрата калия по конверсионной технологии и определить основные технологические параметры этого процесса;

- исследовать возможность утилизации маточных растворов с получением на их основе жидких либо суспендированных жидких комплексных удобрений; исследовать физико-химические свойства полученных жидких удобрений, а также их коррозионную активность;

- отработать технологический режим получения нитрата калия на опытной установке, наработать опытные партии основного и побочного продуктов; провести агрохимические испытания получаемых продуктов;

- разработать технологическую схему конверсионного получения нитрата калия; выполнить технико-экономическую оценку целесообразности организации производства нитрата калия по разработанной технологии в условиях Республики Беларусь.

Объект и предмет исследования. Основным объектом исследования является технологический процесс получения нитрата калия конверсионным методом на основе технических продуктов – нитрата аммония либо жидкого азотного удобрения КАС и галургического хлорида калия. **Предметом** исследования являлось установление оптимального технологического режима получения водорастворимого бесхлорного удобрения – нитрата калия конверсионным методом на основе технических продуктов и разработка безотходной технологии.

Методология и методы проведенного исследования. Изучение растворимости в многокомпонентных водно-солевых системах, а также процесс конверсии и кристаллизации проводили по общепринятым методикам в термостатируемых сосудах. Определение содержания отдельных компонентов в пробах растворов и осадков, а также изучение химико-технологических свойств полученных продуктов проводили в по стандартным методикам, с использованием современных физико-химических методов исследования. Идентификацию продуктов и установление природы фаз осуществляли рентгенографическим методом с использованием дифрактометра ДРОН – 3. ИК спектроскопические исследования проводили на ИК – Фурье спектрометре NEXUS компании NICOLET. Определение размеров и формы кристаллов продукта проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа Jeol JSM – 5610LV.

Научная новизна и значимость полученных результатов.

1. На основании экспериментальных данных и графических расчетов с использованием диаграммы растворимости системы K^+ , $NH_4^+//Cl^-, NO_3^- - H_2O$ установлен оптимальный технологический режим процесса конверсии обеспечивающий получение нитрата калия за одну стадию по безотходной технологии, исключаяющей стадию выпарки маточных растворов.

2. Получены новые данные о влиянии карбамида на растворимость в системе K^+ , $NH_4^+//Cl^-, NO_3^- - H_2O$ при температуре 20^0C и на технологические показатели процесса конверсии. Установлено, что в присутствии карбамида растворимость нитрата калия снижается за счет высаливающего действия, в результате чего выход целевого продукта возрастает.

3. Показана возможность полной утилизации маточных растворов с получением на их основе жидких и суспендированных жидких комплексных удобрений, что обеспечивает создание безотходной технологии.

Практическая значимость полученных результатов. Разработана и опробована на опытной установке безотходная технология получения нитрата калия конверсионным методом на основе технических продуктов, производимых в республике. В результате агрохимических испытаний установлено, что по эффективности эти удобрения не уступают импортируемым.

Экономическая значимость полученных результатов. По результатам технико-экономической оценки цена 1 т нитрата калия полученного по разработанной технологии составляет около 250 долларов США, что в 2 раза меньше, чем стоимость импортируемого нитрата калия. В соответствии с результатами технико-экономической оценки Минсельхозпродом Республики Беларусь принято решение об организации промышленного производства нитрата калия на КУП «Агрохимсервис» (г. Мосты). Внедрение разработанной технологии позволит отказаться от закупки нитрата калия за рубежом, что приведет к экономии валютных средств в размере 400 – 500 тыс. дол. США.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Режимные параметры технологического процесса конверсии растворов, содержащих нитрат аммония, хлоридом калия, обеспечивающие получение нитрата калия за одну стадию и полную утилизацию маточных растворов.

Новые данные о влиянии карбамида на растворимость в системе K^+ , $NH_4^+//Cl^-, NO_3^- - H_2O$ и на технологические показатели процесса получения нитрата калия конверсионным методом из карбамидсодержащих растворов нитрата аммония.

Новое техническое решение по утилизации маточных растворов с получением жидких и суспендированных жидких комплексных удобрений.

Безотходная технология получения нитрата калия конверсионным методом на базе технических продуктов выпускаемых в Республике Беларусь.

Личный вклад соискателя. Соискатель принимал непосредственное участие в постановке задач исследования, проведении экспериментов, обсуждении экспериментальных данных, подготовке докладов и публикаций, проведении испытаний разработанной технологии и наработке опытных партий целевого и попутного продуктов на опытной установке, разработке исходных данных для технико-экономического обоснования целесообразности освоения опытно-промышленного производства.

Вклад соавторов совместных публикаций состоял в обобщенном научном руководстве и обсуждении результатов исследования.

Апробация результатов диссертации. Результаты исследований, включенные в диссертационную работу, докладывались на:

- Международной научно-технической конференции «Ресурс- и энергосберегающие технологии в химической промышленности и производстве строительных материалов» (БГТУ, г. Минск, 2000 г.);

- Международной научно-технической конференции «Новые технологии рециклинга вторичных ресурсов» (БГТУ, г. Минск, 2001 г.);

- Международной научно-технической конференции «Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии» (ГрГУ, г. Гродно, 2002 г.);

- Научно-практической конференции по актуальным вопросам химизации сельского хозяйства (ИХРВ АН РУз, г. Ташкент, 2002 г.);

- Международной научно-технической конференции «Новые технологии в химической промышленности» (БГТУ, г. Минск, 2002 г.);

- 67 и 68 конференциях профессорско-преподавательского состава Белорусского государственного технологического университета (БГТУ, г. Минск, 2003, 2004 г.г.);

- XVII Менделеевском Съезде по общей и прикладной химии (ИОФХ КазНЦ РАН, г. Казань, 2003 г.);

- Международной научно-технической конференции «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов» (БГТУ, г. Минск, 2003 г.).

Опубликованность результатов. По результатам диссертационной работы опубликовано 11 печатных работ, в том числе 5 статей в научных журналах и сборниках трудов Белорусского государственного технологического университета, 4 статьи в материалах Международных научно-технических конференций, 2 тезисов докладов конференций.

Патент С1 ВУ, МПК⁷ C01D 9/10, C05C 5/02. Способ получения нитрата калия / Воробьев Н.И., Дормешкин О.Б., Минаковский А.Ф., Новик Д.М. – № 5950; Заявл. 31.08.2000; Опубл. 30.03.2004.

Подана заявка на выдачу патента Республики Беларусь:

«Способ получения нитрата калия» Воробьев Н.И., Дормешкин О.Б., Новик Д.М., Лисай Н.К. Заявка № а20020223 от 15.03.2002г.

Общее количество печатных страниц – 48.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, шести глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем диссертации - 189 стр. Работа содержит 67 рисунков, 33 таблиц, 11 приложений, объемом 38 стр. Список литературных источников включает 103 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность решаемой проблемы, сформулирована цель диссертационной работы.

В **первой главе** диссертационной работы являющейся литературным обзором, приведены сведения о физико-химических свойствах и областях применения нитрата калия. Выполнен обзор методов его получения.

Анализ литературных данных о способах получения нитрата калия позволяет сделать вывод, что наибольший интерес для условий Республики Беларусь представляют конверсионные методы, основанные на реакциях обменного взаимодействия между нитратом аммония и хлоридом калия в водном растворе. В основу конверсионного получения нитрата калия положена диаграмма растворимости четырехкомпонентной взаимной водно-солевой системы $\text{NH}_4^+, \text{K}^+ // \text{NO}_3^-, \text{Cl}^- - \text{H}_2\text{O}$. Изучению конверсионного процесса в указанной системе посвящен целый ряд работ. На основании выполненных исследований их авторами предлагается многостадийная технология получения нитрата калия, включающая: смешение исходных компонентов и проведение процесса конверсии при температуре от 60 до 100°C; охлаждение, кристаллизацию и отделение осадка нитрата калия при 0(20)°C; нагрев маточного раствора до 60(100) °C; изотермическую упарку маточного раствора, кристаллизацию и отделение осадка NH_4Cl и KCl ; повторное охлаждение маточного раствора с кристаллизацией и отделением вторичного осадка нитрата калия; повторный нагрев маточного раствора до 60(100) °C; изотермическую упарку маточного раствора, кристаллизацию и отделение осадка NH_4Cl . Очевидно, что с технологической точки зрения этот процесс является труднореализуемым ввиду многостадийности и энергоемкости. Хлорид аммония имеет ограниченный сбыт, а реализация образующейся на одной из стадий смеси хлоридов аммония и калия представляется весьма проблематичной.

С целью упрощения технологии получения нитрата калия конверсионным методом, снижения энергетических затрат и создания безотходного технологического процесса получения нитрата калия конверсионным методом, целесообразно осуществлять конверсию за один

цикл, а маточные растворы, полученные после отделения нитрата калия, донасыщать карбамидом и использовать их в качестве жидких НК удобрений. Литературные сведения о такой технологии отсутствуют.

Введение карбамида в раствор может осуществляться либо перед конверсией, либо после нее. При добавлении карбамида в исходный раствор нитрата аммония суммарное содержание растворенных веществ возрастает, а это может оказать существенное влияние непосредственно на сам процесс конверсии и выход продукта. В связи с вышеизложенным, возникает необходимость изучения влияния карбамида на растворимость в вышеописанных водно-солевых системах, а также на процесс конверсии нитрата аммония хлористым калием. С добавлением карбамида система становится пятикомпонентной водной системой складывающейся из трехкомпонентных и четырехкомпонентных водных подсистем. В связи с этим рассмотрены литературные данные о влиянии карбамида на растворимость в тройных и четверных подсистемах входящих в данную систему.

Анализ вероятных путей утилизации маточных растворов позволяет предположить возможность их использования для получения жидких комплексных и суспендированных жидких комплексных удобрений. Это позволит исключить энергоемкие стадии выпарки растворов и сушки продуктов. В этой связи приводятся требования, предъявляемые к качеству ЖКУ и СЖКУ, описываются основные способы их получения, а также рассматривается их коррозионная активность. В заключении по главе сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе описаны методики, использованные при выполнении исследований, а также методы определения химического и фазового состава полученных продуктов.

В третьей главе представлены исследования, посвященные изучению влияния технологических параметров процесса конверсии раствора нитрата аммония хлоридом калия на выход и состав продукта, целью которых являлось установление технологического режима ведения процесса конверсии, обеспечивающего получение продукта за одну стадию, исключающего выпарку маточных растворов.

Изучено влияния концентрации исходных растворов аммонийной селитры и соотношения реагентов на процесс конверсии и состав образующихся продуктов. При изучении процесса конверсии концентрация исходного раствора нитрата аммония составляла от 44,5 до 60,0 %, что обусловлено растворимостью NH_4NO_3 в воде при 20 °С. Температура кристаллизации нитрата калия составляла 20 °С. Выбор данной температуры основывается на использовании в качестве хладагента воды. Норма расхода хлорида калия составляла 40-75 % от стехиометрической, так как при более низкой норме выпадение кристаллов нитрата калия при охлаждении до 20 °С

не происходит. Температура процесса конверсии определялась полным растворением хлорида калия и составляла 60 °С.

Анализ влияния концентрации исходных растворов аммонийной селитры и нормы расхода хлорида калия на процесс конверсии (табл. 1) показывает, что при увеличении концентрации NH_4NO_3 с 45 до 60 % и нормы вводимого KCl от 40 до 75 % выход продукта по калию возрастает с 20,5 до 83,6%. Поэтому можно предположить, что для обеспечения оптимального технологического режима конверсии необходимо увеличение концентрации раствора нитрата аммония и нормы расхода хлорида калия до максимальных значений, определяемых растворимостью соответствующих солей.

Таблица 1
Влияние условий проведения конверсии на выход и состав твердых продуктов

Условия конверсии		Масса сухого осадка, г/100 г раствора	Влажность осадка, %	Состав осадка в пересчете на сухое вещество, %				Выход по калию
Концентрация NH_4NO_3 , %	Норма KCl от стехиометрической, %			K^+	NH_4^+	Cl^-	NO_3^-	
44,5	40	7,6	2,9	31,2	2,3	0,93	62,4	27,0
44,5	75	27,7	3,2	25,6	3,6	4,1	53,5	45,4
50	40	11,1	3,8	32,4	2,3	1,25	63,7	34,0
50	45	14,75	6,91	32,2	3,1	1,56	62,1	41,2
50	50	17,78	6,4	31,9	3,3	3,91	62,0	44,3
50	55	21,6	7,0	31,5	4,6	4,0	60,9	48,3
50	60	29,2	6,9	31,3	5,7	8,5	54,6	62,9
50	75	41,6	8,5	30,9	6,9	13,2	51,5	70,5
55	45	20,1	6,56	30,9	4,9	2,62	61,5	48,8
55	50	23,14	6,68	30,6	5,27	4,06	60,3	50,3
55	55	26,9	7,1	30,4	5,94	5,01	58,6	52,8
60	25	4,4	4,9	33,4	3,3	1,2	58,7	20,5
60	40	23,5	5,3	27,3	8,4	11,8	54,5	54,7
60	50	36,7	6,2	27,0	9,0	15,2	49,8	72,8
60	75	63,5	6,1	25,9	8,9	18,5	45,5	83,6

Однако, как видно из данных табл. 1, с увеличением концентрации раствора нитрата аммония с 44,5 до 60 % по NH_4NO_3 при постоянной норме расхода KCl наблюдается непрерывное возрастание выхода по калию, одновременно возрастает содержание хлора в осадке с 0,93 до 11,80 %. Причем, особенно резкое возрастание наблюдается на участке от 50 до 60 % (с 1,25 до 11,80 % хлорид-иона). Этот факт является закономерным, поскольку при увеличении концентрации нитрата аммония в исходном растворе, возрастает количество вводимого в систему хлористого калия, что приводит к росту суммарного содержания солей в растворе и при его охлаждении происходит кристаллизация нитрата калия в смеси с хлоридом аммония.

Анализ влияния нормы расхода KCl , показал, что при ее увеличении с 25 до 75 % (при концентрации NH_4NO_3 60 %) выход по калию возрастает с 20,5 до 83,6 %, но одновременно резко возрастает и содержание хлора в продукте – с 1,2 до 18,5 % по тем же причинам.

Таким образом, на основании выполненных исследований установлено, что оптимальное содержание нитрата аммония в исходном растворе должно составлять 50–55 %, норма хлорида калия – 50–55 % от стехиометрической.

Для получения объективных данных о сравнительной эффективности различных вариантов и выбора оптимального технологического режима ведения процесса, был выполнен графоаналитический расчет конверсионного процесса с использованием диаграммы растворимости в системе K^+ , NH_4^+ // NO_3^- , Cl^- – H_2O . В результате выполненных расчетов установлены оптимальные технологические параметры конверсионного процесса получения нитрата калия на основе хлорида калия и нитрата аммония. На основании графоаналитического расчета подтверждены и объяснены ранее полученные экспериментальные данные о влиянии отдельных технологических параметров на выход продукта и содержание в нем хлора.

Содержание хлорид-иона в продукте (табл. 1), полученном при оптимальных условиях, составляет 3,9–5,0 % и, как показали расчеты, обусловлено присутствием на поверхности кристаллов маточного раствора.

С целью повышения качества продукта за счет снижения содержания хлора, были выполнены исследования процесса отмывки осадка от хлорид-иона. В качестве промывного раствора использовали воду в количестве 25, 50, 75 и 100 % от массы влажного непромытого осадка.

Как показали выполненные исследования остаточное содержание хлора в осадке снизилось в зависимости от количества промывного раствора с 3,9 до 0,12–0,64%. Потеря массы осадка в процессе отмывки составляет от 5,7 до 24,8% в зависимости от количества промывного раствора. Однако, это не приведет к ухудшению технологических показателей процесса, в частности, выхода продукта, поскольку предусмотрен возврат всего объема промывных вод на стадию растворения нитрата аммония. При этом количество промывного раствора должно составлять 50% от массы влажного непромытого осадка.

Одной из главных проблем, препятствующих широкому внедрению конверсионных процессов получения бесхлорных удобрений на базе хлорида калия, является образование отработанных маточных растворов

Полученные результаты показали, что суммарное содержание азота и калия в маточных растворах, образующихся после отделения осадка нитрата калия, колеблется от 20,1 до 22,0 %. Эти растворы не могут быть непосредственно использованы в качестве жидких удобрений так как общее содержание в них основных питательных элементов низкое. Наиболее

рациональным способом утилизации данных конверсионных растворов может являться их кондиционирование путем донасыщения карбамидом с получением конечного продукта – жидкого удобрения.

После донасыщения карбамидом полученные жидкие удобрения близки по составу к составу производимых ЖКУ типа КАС, однако, содержат дополнительно в своем составе калий, что обеспечивает повышение суммарного содержания питательных веществ до 28,5-31,5 %. Кроме того, донасыщение маточных растворов карбамидом позволяет снизить температуру начала их кристаллизации до +1,5°C.

Таким образом, в результате выполненных исследований показана возможность получения на базе отработанных маточных растворов жидких комплексных удобрений типа КАС-К с общим содержанием питательных веществ до 30%. Это позволит существенно улучшить основные технологические показатели процесса, в частности, степень использования азота и калия, снизить себестоимость конечного целевого продукта – нитрата калия и организовать безотходный, замкнутый технологический процесс исключая стадию выпарки маточных растворов.

Четвертая глава посвящена исследованию влияния карбамида на растворимость во взаимной системе $K^+, NH_4^+ // Cl^-, NO_3^- - H_2O$ и на основные показатели процесса конверсии; установлению возможности использования растворов КАС в качестве нитратсодержащего компонента при получении нитрата калия по конверсионной технологии и определению основных технологических параметров этого процесса.

При введении карбамида в исходный раствор нитрата аммония суммарное содержание растворенных солей возрастает, а это может оказать существенное влияние непосредственно на сам процесс конверсии и выход продукта.

Исследования растворимости в системе $K^+, NH_4^+ // Cl^-, NO_3^- - H_2O$ в присутствии карбамида проводили в изотермических условиях при температуре 20 °С. Результаты исследований представлены в табл. 2 и на рис.1.

Как видно из данных таблицы 2, состав насыщенных растворов при введении карбамида изменяется как для тройных, так и для двойных эвтонических точек.

В твердой фазе, соответствующей эвтонической точке E_1 для всех изоконцентрат карбамида зафиксировано наличие соединения $CO(NH_2)_2 \cdot NH_4Cl$. В эвтонической точке E_2 данное соединение обнаружено при содержании карбамида выше 27%. Это соединение достаточно четко идентифицируется методом ИК-спектроскопии, ему соответствуют полосы 1620, 1663 и 3440 cm^{-1} .

Таблица 4.1

Состав насыщенных растворов взаимной системы K^+ , NH_4^+ // Cl^- , NO_3^- в зависимости от содержания карбамида

Содержание $CO(NH_2)_2$, мас. %	Содержание ионов, мас. %				Индексы Иенеке, моль/100 моль солей			Примечание
	K^+	NH_4^+	Cl^-	NO_3^-	K^+	Cl^-	H_2O	
Двойные эвтонники								
а (твердая фаза: NH_4Cl, KCl)								
9,20	4,99	6,36	17,08	—	26,61	—	720	
17,00	4,48	5,98	15,94	—	25,69	—	702	
26,70	3,55	5,70	14,55	—	22,32	—	672	
б (твердая фаза: KCl, KNO_3)								
9,10	14,77	—	9,17	7,12	—	69,25	884	
17,64	13,55	—	8,50	6,75	—	68,76	855	
27,00	12,20	—	7,33	6,64	—	65,87	831	
с (твердая фаза: NH_4NO_3, KNO_3)								
9,15	5,40	11,06	—	46,70	18,38	—	204	
17,00	4,07	11,19	—	45,06	14,36	—	174	
25,32	2,89	10,62	—	40,68	11,15	—	172	
д (твердая фаза: : NH_4Cl, NH_4NO_3)								
9,20	—	15,50	5,45	43,75	—	17,89	169	
17,00	—	14,76	5,06	42,30	—	17,33	141	
27,58	—	13,51	4,69	37,90	—	17,80	121	
Тройная эвтоника E_1 (твердая фаза: KNO_3, NH_4Cl, KCl)								
9,24	7,51	7,05	14,21	12,31	32,96	66,88	467	*
17,64	6,87	7,16	13,39	12,34	30,67	65,48	412	*
27,45	5,56	6,69	11,76	10,74	27,73	65,70	413	*
29,41	5,41	7,19	12,24	11,14	25,77	65,79	362	*
Тройная эвтоника E_2 (твердая фаза: KNO_3, NH_4Cl, NH_4NO_3)								
9,13	2,79	13,42	6,05	42,82	8,75	19,82	171	
16,65	2,18	13,38	5,35	41,31	7,00	18,46	145	
26,92	2,73	12,04	4,98	37,33	9,48	18,93	120	
28,67	2,82	11,60	5,00	36,49	10,08	19,32	118	*
	K^+	NH_4^+	Cl^-	NO_3^-	K^+	Cl^-	H_2O	
Эвтоническая линия E_1E_2 (твердая фаза: KNO_3, NH_4Cl)								
27,86	4,21	8,45	9,53	19,91	18,68	45,58	286	*
26,63	3,56	9,64	7,69	26,71	14,57	33,49	225	

Примечание: * - идентифицирован аддукт $CO(NH_2)_2 \cdot NH_4Cl$

Для получения более наглядного графического представления о влиянии карбамида на изменение растворимости в исследуемой системе были рассчитаны индексы Иенеке для соответствующих эвтонических точек и нанесены изоконцентраты карбамида на диаграмму Иенеке (рис. 1).

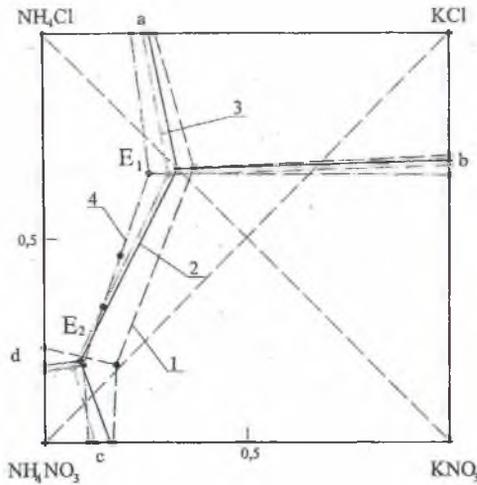


Рис. 1. Изотерма растворимости в системе $\text{NH}_4^+, \text{K}^+ // \text{NO}_3^-, \text{Cl}^- - \text{H}_2\text{O}$. 1 - без карбамида; 2 - 9,2 %; 3 - 16 %; 4 - 27,0 %

На диаграмме наглядно видно увеличение площади поля кристаллизации нитрата калия по мере повышения содержания карбамида. Данный факт имеет принципиально важное технологическое значение, так как позволяет прогнозировать повышение выхода целевого продукта - нитрата калия в присутствии карбамида.

С целью определения влияния карбамида на технологические показатели процесса конверсии выполнены две серии экспериментов. В первой серии использовали растворы аммонийной селитры с концентрацией 44,5%, соответствующей содержанию NH_4NO_3 в жидком азотном удобрении КАС-32. Концентрация карбамида в растворе составляла 10, 20 и 30 %. Норма расхода KCl в этой серии составляла 40% от стехиометрической, так как при меньшем количестве KCl кристаллизации нитрата калия при охлаждении до 20°C не происходило. Во второй серии опытов концентрация растворов NH_4NO_3 составляла 50%, а норма расхода KCl - 50% от стехиометрической, что соответствовало установленному нами ранее оптимальному режиму получения KNO_3 из чистых растворов нитрата аммония. При этом концентрация карбамида составляла 5, 10 и 15%.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что введение карбамида в исходный раствор на стадии конверсии обеспечивает увеличение, как общего количества получаемого продукта, так и выхода продукта по калию с 27% до 44,1-72,0%.

Это обуславливает возможность использования в качестве исходного нитратсодержащего компонента для получения нитрата калия конверсионным методом жидких азотных удобрений типа КАС. Наличие в

составе КАС карбамида, позволяет предположить, что конверсионный процесс получения нитрата калия на базе растворов КАС будет значительно отличаться от ранее изученного процесса на базе растворов аммонийной селитры.

Результаты исследований возможности использования растворов КАС в качестве нитратсодержащего компонента при конверсионном получении нитрата калия, а также влияния состава и соотношения исходных реагентов на выход и состав продукта представлены в табл. 3.

Таблица 3
Состав осадков полученных при конверсии растворов КАС хлористым калием.

Марка КАС	Количество КСl, % от стехиометрии	Масса осадка г/100г раствора	Содержание компонентов, мас. %, в пересчете на сухое вещество					Выход по К, %
			K ⁺	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	CO(NH ₂) ₂	
КАС-28	20	4,2	36,1	1,1	2,4	59,6	10,2	31,3
КАС-28	25	10,3	35,7	4,8	4,2	52,2	13,5	45,5
КАС-28	30	17,3	21,8	8,7	6,7	44,6	21,2	52,2
КАС-28	40	20,5	16,3	12,2	9,02	34,5	27,5	62,2
КАС-32	20	6,1	27,9	0,48	3,3	61,0	11,4	38,4
КАС-32	25	12,5	21,9	4,8	5,3	49,5	13,7	50,0
КАС-32	30	19,7	20,8	8,3	6,4	44,9	18,4	60,8
КАС-32	40	45,3	16,03	10,9	9,4	34,2	29,6	73,1

Из полученных результатов видно, что с увеличением нормы расхода КСl от 20 до 40% от стехиометрического количества, масса полученного продукта и выход по калию возрастают с 31,3–38,4 до 62,2–73,1 %. Причем при использовании КАС-32 увеличение выхода по калию происходит более интенсивно по сравнению с КАС-28, что связано с большим пересыщением системы. Однако помимо положительного эффекта увеличения выхода продукта, наблюдается повышение содержания хлорид-ионов в осадке, что является нежелательным. С учетом этого факта оптимальной нормой расхода КСl в данном случае является 25% от стехиометрического количества, а в качестве исходного раствора предпочтительнее использование КАС-32.

Как отмечалось ранее, основным негативным фактором проведения процесса конверсии является высокое остаточное содержание хлора в продукте, что не позволяет рекомендовать его в качестве бесхлорного комплексного удобрения. Поэтому были выполнены исследования возможности повышения качества продукта за счет снижения остаточного содержания хлора за счет отмывки. Промывку осадка осуществляли водой в количестве 25, 50 и 100 % от массы полученного влажного осадка.

Исследования показали, что содержание хлора в осадке в результате промывки снизилось с 4,7 до 0,21–0,43 %. При промывке отмечено частичное растворение осадка, что приводит к снижению выхода основного продукта. Потеря массы осадка при промывке водой от 15,6 до 33,9 %. Этот факт

является негативным, однако частичное растворение продукционного осадка не приведет к ухудшению технологических показателей процесса, поскольку предполагается направлять промывные растворы на разбавление маточных растворов, при этом количество воды должно составлять 50 % от массы получаемого на стадии конверсии осадка.

Образование большого количества маточных растворов, затрудняет внедрение конверсионных процессов получения нитрата калия в промышленности. Маточные растворы, полученные после конверсии растворов КАС-32 хлоридом калия, содержат от 29,0 до 30,0 % N, что позволяет использовать их как самостоятельное жидкое комплексное удобрение типа КАС-К, содержащее в своем составе дополнительно от 2,4 до 3,0 % К. Однако температура кристаллизации данных растворов составляет 20 °С. Для снижения температуры кристаллизации предлагается понизить содержание азота до 26–28 % путем разбавления маточных растворов водой и промывным раствором. Это приводит к некоторому снижению содержания питательных элементов в удобрении и к понижению температуры кристаллизации до –7 °С, что позволит производить и хранить данное удобрение круглогодично.

Полученные таким образом ЖКУ близки по составу к производимым ЖКУ типа КАС, но помимо азота содержат в своем составе калий с суммарным содержанием питательных веществ от 28 до 30 %.

Пятая глава посвящена исследованию коррозионной активности полученных жидких комплексных удобрений по отношению к различным конструкционным материалам, с целью установления возможности использования существующего складского оборудования и транспортных механизмов, предназначенных для хранения и внесения жидких азотных удобрений.

Для проведения исследований использовали жидкие азотные удобрения, полученные на основе маточных растворов, образовавшихся в результате конверсии растворов нитрата аммония хлоридом калия с последующим донасыщением карбамидом до содержания азота 27% (раствор 2), а также конверсией растворов КАС хлоридом калия (раствор 3). В качестве раствора сравнения использовали жидкое азотное удобрение марки КАС-32 производства ОАО «Гродно Азот» (раствор 1).

При выполнении коррозионных испытаний использовали образцы нержавеющей стали 40X13, 40X13H9T и Ст.3. Для определения коррозионной устойчивости нержавеющей и углеродистых сталей в жидких азотных удобрениях, применяли весовой и электрохимические методы. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Согласно ГОСТ 13819-68, группа стойкости стали Ст. 3 в растворе № 1 и № 3 – понижено стойкая, во втором растворе – нестойкая. Это объясняется тем, что, и раствор сравнения №1 (КАС-32) и жидкое удобрение полученное на основе образовавшихся маточных растворов при конверсии

КАС (раствор № 3) содержат в своем составе ингибитор коррозии, который при конверсии полностью переходит в маточный раствор. Это позволяет использовать сталь Ст. 3 в растворах № 1 и № 3 без дополнительной защиты. Для использования углеродистой стали при хранении и внесении ЖКУ (раствора № 2) необходима дополнительная защита ее от коррозии.

Таблица 3

Скорость коррозии углеродистой стали в жидких комплексных удобрениях

Номер раствора	Метод снятия поляризационных кривых		Метод снятия диаграмм Эванса		Весовой метод	
	Глубинный показатель коррозии, мм/год	Балл стойкости	Глубинный показатель коррозии, мм/год	Балл стойкости	Глубинный показатель коррозии, мм/год	Балл стойкости
1	0,113	6	0,445	6	0,105	6
2	9	10	21,6	10	31,4	10
3	0,184	6	—	—	0,34	6

Одним из распространенных способов защиты является применение ингибиторов коррозии. В качестве ингибиторов коррозии углеродистой стали в растворе № 2 исследовалось действие следующих веществ: фосфата натрия, роданида и фосфата аммония. Применение фосфата натрия позволило снизить скорость коррозии до 0,5-0,8 мм/год по сравнению с 9 мм/год без ингибитора. Однако, сравнивая полученные результаты можно сделать вывод, что наилучшими ингибиторами являются роданид аммония при концентрации ингибитора 1,25 г/л - скорость коррозии равна 0,2 мм/год (6 балл стойкости) и фосфат аммония при концентрации 1,5 г/л - скорость коррозии равна 0,44 мм/год (6 балл стойкости).

Шестая глава посвящена разработке безотходной технологической схемы производства нитрата калия и ее технико-экономической оценке.

Представлены результаты опытных испытаний на установке Республиканского центра проблем человека Белорусского государственного университета. В ходе проведенных испытаний подтверждена практическая возможность осуществления разработанной технологии в производственных условиях в соответствии с технологическим режимом, установленным лабораторными исследованиями. В результате испытаний выпущены опытные партии нитрата калия (500 кг) и ЖКУ марки 26:0:4 (200 л).

Для подтверждения возможности использования полученного нитрата калия в тепличных хозяйствах при капельной системе подачи питательных растворов, а также оценке агрохимической эффективности ЖКУ на основе маточных растворов проведен цикл агрохимических испытаний в РУП «Институт овощеводства» и РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Б. В результате испытаний установлено, что эффективность питательных растворов на основе отечественных удобрений находится на

уровне, а на некоторых питательных грунтах даже превосходит эффективность питательных растворов на основе импортных удобрений. Установлено, что подача растворов, состоящих из отечественных удобрений, не оказывает отрицательного влияния на работу оборудования и комплектующих изделий системы капельного полива. Эффективность ЖКУ марки 26:0:4 равноценна со стандартными удобрениями.

На основании лабораторных и опытных испытаний разработана безотходная технологическая схема (рис. 2) получения нитрата калия конверсионным методом, основными стадиями которой являются: конверсия растворов КАС твердым хлоридом калия; охлаждение и кристаллизация продукта; фильтрация и промывка продукта; сушка и охлаждение.

Подготовлены и выданы исходные данные для разработки технико-экономического обоснования целесообразности организации промышленного производства – нитрата калия в Республике Беларусь. Согласно предварительной технико-экономической оценке цена нитрата калия на 200–250 долларов США меньше, чем закупаемого по импорту.

Минсельхозпродом Республики Беларусь принято решение об организации промышленного производства нитрата калия на КУП «Агрохимсервис» (г. Мосты).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучено влияние концентрации исходных растворов нитрата аммония и нормы расхода хлорида калия на процесс конверсии и состав образующегося продукта. Установлено, что оптимальным содержанием нитрата аммония в исходном растворе является 50-55 %, норма хлорида калия 50-55% от стехиометрической. На основании графоаналитического метода исследования диаграммы растворимости системы K^+ , $NH_4^+//Cl^-, NO_3^- - H_2O$, теоретически обоснованы оптимальные технологические параметры и установлен рациональный путь ведения конверсионного процесса получения нитрата калия на основе нитрата аммония и хлорида калия обеспечивающий, одностадийность процесса и исключаящий выпарку маточных растворов [1, 3, 4, 10, 13].

2. Получены новые данные о влиянии карбамида на растворимость в системе K^+ , $NH_4^+//Cl^-, NO_3^- - H_2O$ при 20 °С. На основании результатов проведенных исследований построены изоконцентраты растворимости в указанной системе при содержании карбамида 9,6 %, 17 % и 27 %. Установлено, что поле кристаллизации нитрата калия увеличивается по мере повышения концентрации карбамида [5, 11].

3. Изучено влияние карбамида на процесс конверсии в системе K^+ , $NH_4^+//Cl^-, NO_3^- - H_2O$ и установлено, что наличие карбамида в растворах нитрата аммония оказывает положительное влияние на технологические

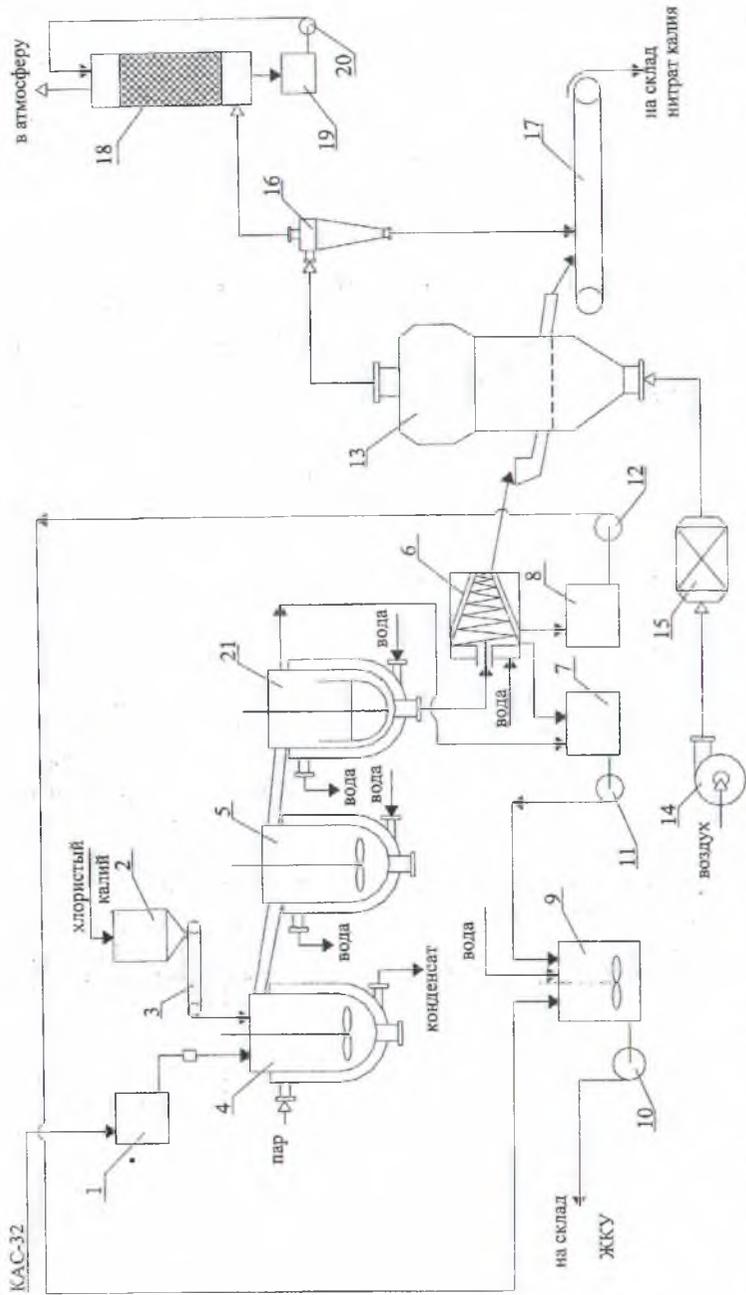


Рис. 2 Технологическая схема получения нитрата калия конверсионным методом. 1 – напорный бак раствора КАС-32; 2 – бункер хлористого калия; 3 – питатель; 4 – реактор; 5 – кристаллизатор; 6 – центрифуга; 8,7,19 – сборники; 9 – смеситель; 10,11,12,20 – насосы; 13 – сушилка КС; 14 – воздуходувка; 15 – калорифер; 16 – циклон; 17 – конвейер; 18 – абсорбер; 21 – кристаллизатор-сгуститель.

показатели процесса конверсии за счет высаливающего действия карбамида по отношению к нитрату калия и как следствие, к возрастанию выхода целевого продукта. Показана возможность использования растворов КАС в качестве нитратсодержащего компонента при конверсионном получении нитрата калия. Оптимальными условиями процесса конверсии являются: температура конверсии $60\text{ }^{\circ}\text{C}$; с температура кристаллизации $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, для раствора КАС-32 норма расхода хлорида калия 25% от стехиометрической [2, 5, 7, 10, 12].

4. Установлена возможность использования маточных растворов для получения на их основе жидких удобрений типа КАС-К с общим содержанием питательных элементов до 30 %. Это позволит существенно улучшить основные технологические показатели процесса за счет исключения стадии выпарки маточного раствора, снизить себестоимость конечного целевого продукта – нитрата калия и организовать безотходный технологический процесс. Изучена коррозионная активность полученных ЖКУ по отношению к различным конструкционным материалам и выполнен подбор эффективных ингибиторов коррозии [1 – 5, 9].

5. Проведенные опытные испытания показали возможность осуществления разрабатываемого способа получения нитрата калия в производственных условиях и подтвердили установленные в результате выполненных лабораторных исследований оптимальные режимные параметры основных технологических стадий процесса [8].

Агрохимическими испытаниями установлено, что эффективность питательных растворов приготовленных на основе нитрата калия, полученного по разработанной технологии, находится на уровне питательных растворов, приготовленных на основе импортных удобрений, а эффективность ЖКУ марки 26-0-3, приготовленных на основе маточных конверсионных растворов, равноценна со стандартными удобрениями.

6. Разработана безотходная технологическая схема получения нитрата калия конверсионным методом, предусматривающая утилизацию маточных растворов путем приготовления на их основе ЖКУ. Подготовлены исходные данные для разработки технико-экономического обоснования целесообразности организации промышленного производства нитрата калия в Республике Беларусь.

Выполненная технико-экономическая оценка показала, что отпускная цена удобрения составляет около 250 – 270 долларов США за тонну, что на 250-300 долларов США меньше, чем стоимость импортируемого нитрата калия. В соответствии с результатами технико-экономической оценки Минсельхозпродом Республики Беларусь принято решение об организации промышленного производства нитрата калия на ОАО «Агросервис» (г.Мосты).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Воробьев Н.И., Дормешкин О.Б., Новик Д.М., Шатило В.И. Исследование получения бесхлорных водорастворимых комплексных удобрений конверсионными методами по безотходной технологии. // Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической промышленности и производстве строительных материалов: Материалы международной научно-технической конференции. 9 – 10 ноября 2000г. / БГТУ. – Минск, 2000. – С. 14-17.;
2. Воробьев Н.И., Дормешкин О.Б., Новик Д.М. Влияние карбамида на процесс конверсионного получения нитрата калия. // Новые технологии рециклинга вторичных ресурсов: Материалы международной научно-технической конференции. 24 – 26 октября 2001г. / БГТУ. – Минск, 2001. – С. 105-108.;
3. Воробьев Н.И., Дормешкин О.Б., Новик Д.М. Безотходная конверсионная технология получения нитрата калия на базе отечественного сырья. // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: Тезисы докладов 5-й международной научно-технической конференции. 25 – 26 июня 2002г. / ГрГУ. – Гродно, 2002. – С. 62.
4. Воробьев Н.И., Дормешкин О.Б., Новик Д.М. Конверсионный метод получения нитрата калия по безотходной технологии. // Актуальные вопросы химизации сельского хозяйства. Тезисы докладов международной научно-практической конференции. 24 – 26 сентября 2002 г. / Ташкент – 2002.
5. Воробьев Н.И., Дормешкин О.Б., Новик Д.М. Исследование влияния карбамида на процесс получения нитрата калия конверсионным методом // Сб.Труды БГТУ. Сер. III, Химия и технология неорганических веществ. – Минск, 2002. – Вып. X. – С.151-158.
6. Воробьев Н.И., Дормешкин О.Б., Новик Д.М. Исследование процесса получения нитрата калия конверсионным методом // Весці Нацыянальнай акадэміі навук. Сер. хім. навук. – 2002. – № 3. – С. 108–116.
7. Воробьев Н.И., Дормешкин О.Б., Новик Д.М. Безотходная технология получения нитрата калия конверсионным методом // Новые технологии в химической промышленности: Материалы межд. науч.-технич. конф., Минск, 20 – 22 ноября 2002 г. / БГТУ. – Минск, 2002. – С. 35–38.
8. Воробьев Н.И., Дормешкин О.Б., Новик Д.М., Шатило В.И. Испытания технологии получения водорастворимых бесхлорных комплексных удобрений на универсальной опытной установке // Труды БГТУ. Сер. III, Химия и технология неорганических веществ. – Минск, 2003. – Вып. XI. – С. 154–157.
9. Дроздович В.Б., Дормешкин О.Б., Иванова Н.П., Новик Д.М., Рабочий А.Н. Исследование коррозионной активности жидких удобрений на

основе маточных растворов // Труды БГТУ. Сер. III, Химия и технология неорганических веществ. – Минск, 2003. – Вып. XI. – С. 162-166.

10. Воробьев Н.И., Дормешкин О.Б., Новик Д.М., Шатило В.И. Получение бесхлорных водорастворимых комплексных удобрений конверсионными методами по безотходной технологии // XVII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: Тез. докл., Казань, 21 – 26 сентября 2003 г. / ИОФХ КазНЦ РАН. – Казань, 2003. – С. 85.

11. Дормешкин О.Б., Воробьев Н.И., Новик Д.М., Черчес Г.Х. Влияние карбамида на растворимость в системе $K^+, NH_4^+ // Cl^-, NO_3^- - H_2O$ // Весці Нацыянальнай акадэміі навук. Сер. хім. навук. – 2004. – № 2.

12. Патент С1 ВУ, МПК⁷ С01D 9/10, С05С 5/02. Способ получения нитрата калия / Воробьев Н.И., Дормешкин О.Б., Минаковский А.Ф., Новик Д.М. – № 5950; Заявл. 31.08.2000; Опубл. 30.03.2004 // Афіцыйны бюлетэнь / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь.. – 2004. – № 1. – С. 133.

13. Заявка № а20020223, МПК⁷ С 01 D 9/00. Способ получения нитрата калия / Воробьев Н.И., Дормешкин О.Б., Новик Д.М., Лисай Н.К. – Заявл. 15.03.2002 // Афіцыйны бюлетэнь / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. – 2003. – № 3. – С. 28.

РЭЗЮМЭ

Новік Дзмітрый Міхайлавіч

БЕЗАДХОДНАЯ ТЭХНАЛОГІЯ АТРЫМАННЯ НІТРАТУ КАЛІЮ КАНВЕРСІЙНЫМ МЕТАДАМ

ДОСЛЕДЫ, ТЭХНАЛОГІЯ, НІТРАТ КАЛІЮ, ХЛАРЫД КАЛІЮ, НІТРАТ
АМОНІЮ, КАНВЕРСІЯ, КРЫШТАЛІЗАЦЫЯ, ПРАМЫЎКА,
ТЭХНАЛАГІЧНАЯ СХЕМА.

Аб'ект даследавання – тэхналагічны працэс атрымання нітрату калію канверсійным метадам на аснове тэхнічных прадуктаў – нітрату амонію альбо вадкага азотнага удабрэння КАС і галургічнага хларыду калію.

Мэта працы – вызначыць аптымальны тэхналагічны рэжым атрымання нітрату калію канверсійным метадам на аснове тэхнічных прадуктаў і распрацаваць безадходную тэхналогію іх вытворчасці.

На аснове эксперыментальных даных і графічных разлікаў з выкарыстаннем дыяграм растваральнасці сістэмы K^+ , $NH_4^+ // Cl^-, NO_3^- - H_2O$ вызначаны аптымальны тэхналагічны рэжым працэсу канверсіі, які забяспечвае атрыманне нітрату калію за адну стадыю на безадходнай тэхналогіі, што выключае стадыю выпаркі матачных раствораў.

Атрыманы новыя даныя аб уплыве карбаміду на растваральнасць у сістэме K^+ , $NH_4^+ // Cl^-, NO_3^- - H_2O$ пры тэмпературы $20\text{ }^\circ\text{C}$ і на тэхналагічныя паказчыкі працэсу канверсіі. Вызначана, што ў прысутнасці карбаміду растваральнасць нітрату калію зніжаецца за кошт высольваючага дзеяння, у выніку чаго выхад мэтавага прадукту ўзрастае.

Устаноўлена магчымасць поўнай утылізацыі матачных раствораў шляхам гатавання на іх аснове вадкіх комплексных удабрэнняў.

Распрацавана безадходная тэхналогія нітрату калію канверсійным метадам на аснове тэхнічных прадуктаў. Праведзены ўзбуйненыя і доследныя выпрабаванні асноўных стадый працэсу. Напрацаваныя доследныя партыі прадуктаў прайшлі паспяховыя аграхімічныя выпрабаванні. На падставе вынікаў распрацаванага тэхніка-эканамічнага абтунтавання прынята пастанова аб арганізацыі прамысловай вытворчасці нітрату калію на КУП «Аграхімсервіс» (г. Масты).

РЕЗЮМЕ

Новик Дмитрий Михайлович

БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НИТРАТА КАЛИЯ КОНВЕРСИОННЫМ МЕТОДОМ

ИССЛЕДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИЯ, НИТРАТ КАЛИЯ, ХЛОРИД КАЛИЯ, НИТРАТ АММОНИЯ, КОНВЕРСИЯ, КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ, ПРОМЫВКА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА.

Объект исследования – технологический процесс получения нитрата калия конверсионным методом на основе технических продуктов – нитрата аммония либо жидкого азотного удобрения КАС и галургического хлорида калия.

Цель работы – установить оптимальный технологический режим получения нитрата калия конверсионным методом на основе технических продуктов и разработать безотходную технологию производства.

На основании экспериментальных данных и графических расчетов с использованием диаграммы растворимости системы K^+ , $NH_4^+// Cl^-, NO_3^- - H_2O$ установлен оптимальный технологический режим процесса конверсии обеспечивающий получение нитрата калия за одну стадию по безотходной технологии, исключающей стадию выпарки маточных растворов.

Получены новые данные о влиянии карбамида на растворимость в системе K^+ , $NH_4^+// Cl^-, NO_3^- - H_2O$ при температуре 20 °С и на технологические показатели процесса конверсии. Установлено, что в присутствии карбамида растворимость нитрата калия снижается за счет высаливающего действия, в результате чего выход целевого продукта возрастает.

Установлена возможность полной утилизации маточных растворов путем приготовления на их основе жидких комплексных удобрений.

Разработана безотходная технология производства нитрата калия конверсионным методом на основе технических продуктов. Проведены укрупненные и опытные испытания основных стадий процесса. Нарботанные опытные партии продуктов прошли успешные агрохимические испытания. На основании результатов разработанного технико-экономического обоснования принято решение об организации промышленного производства нитрата калия на КУП «Агрохимсервис» (г.Мосты).

THE SUMMARY

Novik Dmitry

WASTELESS TECHNOLOGY OF THE RECEPTION OF POTASSIUM NITRATE BY A CONVERSION METHOD

RESEARCH, TECHNOLOGY, POTASSIUM NITRATE, POTASSIUM CHLORIDE, AMMONIUM NITRATE, CONVERSION, CRYSTALLIZATION, WASHING, TECHNOLOGICAL CIRCUIT.

Object of research – the process of obtaining potassium nitrate by a conversion method on the basis of technical products - ammonium nitrate or liquid nitric fertiliser KAC and potassium chloride.

The purpose of work - to establish an optimum technological mode of reception potassium nitrate by a conversion method on the basis of technical products and to develop waste less technology.

On the basis of experimental data and graphic accounts with use of the diagram of solubility of system K^+ , NH_4^+ // Cl^- , NO_3^- - H_2O the optimum technological mode of conversion process ensuring reception of potassium nitrate for one stage on waste less technology excluding a stage of evaporation of waste solutions is established.

The new data the influence of urea on solubility in system K^+ , NH_4^+ // Cl^- , NO_3^- - H_2O at temperature $20^\circ C$ and on technological parameters of process of conversion are received. It has been established, that at the presence of urea the solubility potassium nitrate is reduced for the account of outselling action, therefore the making of a target product grows.

The opportunity complete using of solutions is established by preparation on their basis of liquid complex fertilizers.

The waste less technology of potassium nitrate on the basis of technical products by a conversion method is developed. The integrated and skilled tests of the basic stages of the process are carried out. The experimental batches of products have passed the agrochemical test successfully. On the base of the developed technical- and economical report the decision on organization of industrial production of potassium nitrate on CUP "Agrochimservice" (t. Mosty) has been carry out.

565ар



Новик Дмитрий Михайлович

**БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
НИТРАТА КАЛИЯ КОНВЕРСИОННЫМ МЕТОДОМ**

Подписано в печать 23.04.04. Формат 60x84 ¹/₁₆. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,2.

Тираж 80 экз. Заказ *110*,

Учреждение образования

«Белорусский государственный технологический университет».
220050, Минск, Свердлова, 13а. Лицензия ЛВ №276 от 15.04.03.

Отпечатано на ротапринте Белорусского государственного
технологического университета.
220050, Минск, Свердлова. 13.