

А.Ф. Минаковский, доц., канд. техн. наук;

В.Н. Фарафонов, доц., канд. техн. наук;

Н.С. Дашко, мл. науч. сотр.; В.Г. Карчевская, студ. (БГТУ, г. Минск)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОБОЧНОГО ПРОДУКТА
ПРОИЗВОДСТВА КАПРОЛАКТАМА В ТЕХНОЛОГИИ
ЖИДКИХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Для возделывания сельскохозяйственных культур используют около 10 % поверхности земли и при этом возможности увеличения посевных площадей в мире почти исчерпаны. Для решения продовольственной проблемы необходимо значительное повышение урожайности. Одним из важнейших путей повышения плодородия почвы является применение минеральных удобрений. Выпуск их в нашей стране с каждым годом возрастает, что связано с переходом на более высокий технологический уровень и предусматривает внедрение новых способов производства, более совершенной технологии, повышение производительности труда, увеличение ассортимента и улучшение качества производимых минеральных удобрений.

В Республике Беларусь и за рубежом в большом количестве производятся азотные удобрения. Среди них важное место занимают жидкие азотные удобрения (ЖАУ), обладающие рядом преимуществ перед твердыми как в производстве, так и при хранении и использовании, что обуславливает стабильный спрос на них у аграриев. Нитрат аммония и мочевины (U) являются основными компонентами азотных удобрений, в частности, карбамид-аммиачной смеси (КАС). Мировая практика использования КАС доказала эффективность и целесообразность их применения. В Республике Беларусь в настоящее время ОАО «Гродно Азот» в больших масштабах выпускает жидкие азотные удобрения КАС и планирует наращивать их выпуск.

Установлено, что наряду с такими элементами как азот, фосфор, калий необходим ещё и четвертый элемент питания для многих сельскохозяйственных культур – сера. При дефиците серы в растениях наблюдается снижение урожайности; ухудшение качества возделываемых культур; нарушение структуры, а также функционирования ферментов и белков в тканях листьев и семенах; уменьшение эффективности использования азота из удобрений растениями.

В настоящее время во многих странах отмечается проявление серной недостаточности. Практикуется включение серы как добавки в со-

став минеральных удобрений в США, Канаде, Австралии и других странах.

Из всех видов минеральных удобрений наибольшее количество серы содержит сульфат аммония (AS) – 24 %. На данный момент на базе ОАО «Гродно Азот» в больших количествах образуется побочный продукт производства капролактама – раствор сульфата аммония, который затем выпаривают, кристаллизуют и сушат. Использование раствора сульфата аммония при производстве жидких комплексных удобрений (ЖКУ) позволит не только сэкономить на капитальных и энергетических затратах, но также обеспечить растения одновременно и азотом, и серой. Дополнительное количество серы, а также поступление калия к растениям можно вводить с сульфатом калия (PS), выпуск которого планируется организовать в Калининградской области РФ.

С учетом технических условий, предъявляемых к жидким удобрениям (ЖУ), для разработки расширенного ассортимента ЖУ необходимо располагать данными о растворимости в воде (W) в системах, содержащих помимо азота и иные питательные элементы, при температурах 0°C и более низких.

В литературных источниках отсутствуют данные по растворимости при 0°C в системах «AS-PS-W» и «U-AS-PS-W». Поэтому целью данной работы является изучение растворимости в водно-солевой системе «U-AS-PS-W» при 0°C с добавлением сульфатов аммония и калия и разработка новых составов серосодержащих жидких комплексных удобрений и технологической схемы их получения.

Согласно источникам [1,2] при 0°C в системах «U-AS-W» и «U-PS-W» содержится, масс. %: U– 31,2 и 37,8; AS– 28,8; PS – 5,2.

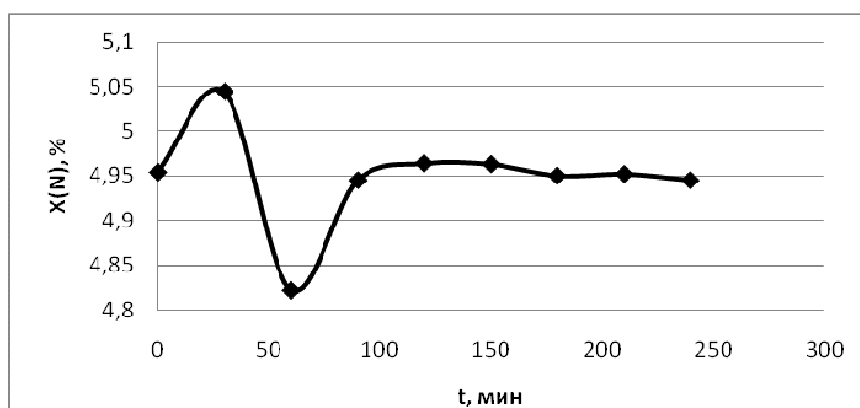
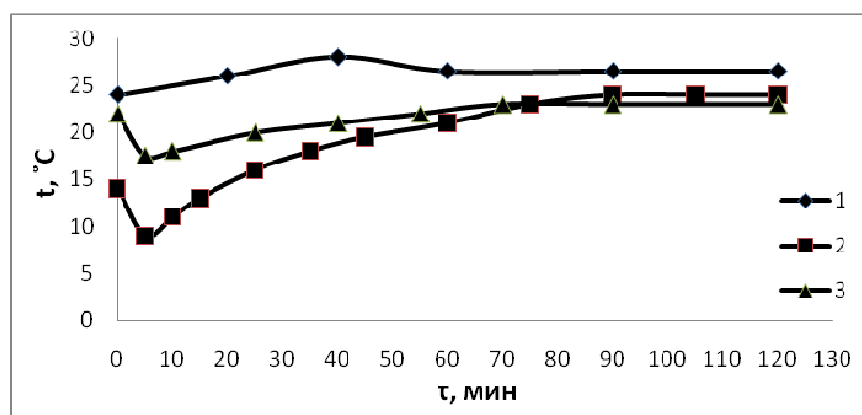


Рисунок 1 – Зависимость содержания азота в системе «U-AS-PS-W» (%) от продолжительности эксперимента

На первом этапе работы была изучена кинетика установления равновесия в системе «U-AS-PS-W». Результаты представлены на рисунке 1.

Как видно из графика, в системе равновесие установилось спустя 180 минут после начала эксперимента. Кроме этого, на графике присутствуют перегибы, связанные непосредственно с процессом растворения.

Для оценки теплового эффекта растворения каждого компонента системы в воде были определены зависимости температуры раствора от длительности растворения, которые приведены на рисунке 2. Солевые компоненты подавали в воду при $t_{\text{возд.}}=23^{\circ}\text{C}$ и непрерывном перемешивании.



1 – система «PS-W», 2 – «U-W», 3 – «AS-W»

Рисунок 2 – Изменение температуры системы со временем

Графические зависимости температуры системы от продолжительности взаимодействия (рисунок 2) показывают, что наибольшее изменение температуры наблюдается для системы «U-W» – за 5 минут до $+9^{\circ}\text{C}$, в системе «AS-W» – за 5 минут до $+17,5^{\circ}\text{C}$. Интегральные теплоты растворения сульфата аммония и карбамида – минус 9,92 и минус 13,5 кДж/моль, соответственно, а сульфата калия – $+24-25$ кДж/моль. Следовательно, в первую очередь в системе идет процесс растворения сульфата аммония, содержание аммонийного азота возрастает. Затем начинает растворяться карбамид и сульфат калия, и наблюдается спад концентрации до состояния равновесия.

На следующем этапе экспериментов исследовали растворимость в системах «AS-PS-W» и «U-AS-PS-W» по стандартной методике с помощью термостата. При 0°C в системах содержится, масс. %: 28,9 – AS и 9,2 – PS; 25,4 – U, 23,4 – AS и 2,4 – PS.

Согласно результатам исследования можно получить следующие марки NKS удобрений: 17-1-6, 18-6-4, 13-2-3, 23-6-2.

На основе полученных данных была предложена функциональная схема производства жидких NKS удобрений в условиях ОАО «Гродно Азот», которая представлена на рисунке 3. Соотношение N:K:S в удобрении можно будет изменять согласно используемому сырью в технологическом процессе, а также по желанию потребителей.

В качестве сырья предполагается использование 40%-го раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, поступающего с производства капролактама, раствора карбамида с концентрацией 69–72 масс. % $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, кристаллического K_2SO_4 .

Основными стадиями являются: 1) смешение растворов карбамида и сульфата аммония; 2) растворение сульфата калия в рабочем растворе; 3) охлаждение смеси в теплообменнике; 4) отгрузка продукта.

Помимо простоты осуществления данной технологии, основным преимуществом является рентабельное использование побочного продукта производства капролактама – раствора сульфата аммония. В отличие от методов получения серосодержащих комплексных удобрений для осуществления данной технологии не требуется дополнительно налаживать производство растворения сульфата аммония, а, следовательно, это приводит к снижению энерго- и материальных затрат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кучерявый В.И. Синтез и применение карбамида/ В.И. Кучерявый, В.В. Лебедев// Изд-во: «Химия», 1953. – С. 28-31.

2. Коган В.Б. Справочник по растворимости тройных многокомпонентных систем/ В.Б. Коган, В.М. Фридман, В.В. Кафаров // Москва: Изд-во Академии наук СССР, т. 2, кн. 1, 1963. – С. 364.

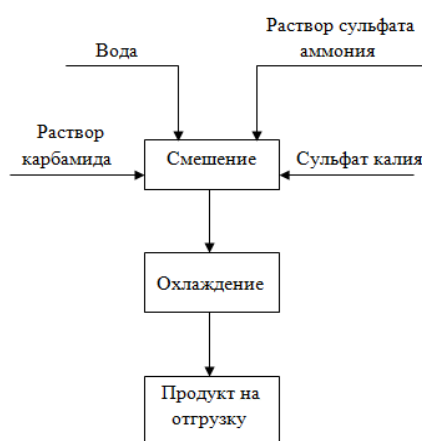


Рисунок 3 – Функциональная схема производства жидких NKS удобрений