УДК 631.85:547.466

АГРОХИМИЧЕСКОЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЖИДКИХ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ КАС И DL-АЛАНИН

Азимов Сайдулло Ҳамидович
(saydullo_84@mail.ru***)***
АО «O'ZLITINEFTGAZ», Ташкент, Узбекистан

Введение. Разработка эффективных и экологически безопасных жидких азотных удобрений является одной из приоритетных задач современной агрохимии. Перспективным направлением выступает модификация традиционных составов, таких как карбамидно-аммиачная смесь (КАС), биологически активными веществами, в частности, аминокислотами. Аланин, участвующий в транспорте азота и энергетическом обмене растений, представляет значительный интерес в качестве функциональной добавки. Однако успешное создание таких композиций требует глубокого понимания физико-химических закономерностей взаимодействия компонентов, определяющих стабильность, свойства и конечную эффективность удобрения. Целью данной работы явилось комплексное изучение механизмов взаимодействия нитрата аммония с DL-аланином в водных растворах и твёрдой фазе методами изомолярных серий, политермического анализа, РФА и ИК-спектроскопии.

Материалы и методы. Объектами исследования служили бинарные системы на основе нитрата аммония (NH_4NO_3, марка Б, ГОСТ 2-2013) и DL-аланина ($CH_3CH(NH_2)COOH$, квалификация «ч.д.а.»). Взаимодействие в водных растворах изучали методом изомолярных серий Остромысленского-Жоба при постоянной общей молярной концентрации (0.5 моль/л) и варьировании мольного соотношения компонентов от 10:0 до 0:10. Растворимость и фазовые равновесия в системе NH_4NO_3–Ala–H_2O исследовали визуально-политермическим методом в термостатируемых условиях. Твёрдые образцы для анализа получали упариванием водных растворов при 55°C. Фазовый состав порошков анализировали на дифрактометре Shimadzu XRD-7000 (Cu-Kα излучение, диапазон 2θ = 5–60°). ИК-спектры поглощения регистрировали на Фурье-ИК спектрометре Shimadzu IRAffinity-1S в диапазоне 4000–400 $см^{-1}$ (таблетки с KBr).

Результаты и обсуждение.

1. Исследование взаимодействия методом изомолярных серий. Анализ зависимости физико-химических свойств (плотность, вязкость, электропроводность) водных растворов от состава бинарной системы NH_4NO_3–DL-аланин выявил четко выраженные экстремумы при мольном соотношении компонентов, близком к 1:1. Наблюдаемое отклонение свойств от аддитивности свидетельствует о специфическом физико-химическом взаимодействии между нитратом аммония и аланином с образованием в растворе labile-ассоциатов стехиометрического состава, стабилизированных, преимущественно, водородными связями.

2. Рентгенофазовый анализ (XRD). Дифрактограммы твёрдых образцов, синтезированных из растворов со стехиометрическим соотношением 1:1, представляют собой суперпозицию рефлексов, характерных для индивидуального нитрата аммония и DL-аланина. Отсутствие новых рефлексов, не принадлежащих исходным компонентам, позволяет заключить, что в условиях синтеза не происходит образования новых индивидуальных кристаллических соединений (ко-кристаллов, двойных солей). Это подтверждает гипотезу о том, что наблюдаемое в растворе взаимодействие носит характер образования нековалентных ассоциатов, которые при упаривании и кристаллизации диссоциируют на исходные компоненты.

3. ИК-спектроскопическое исследование. ИК-спектры бинарной системы NH_4NO_3–DL-аланин демонстрируют характерные изменения по сравнению со спектрами механической смеси. Наблюдаются сдвиги и изменение интенсивности полос, относящихся к карбоксилатной группе аланина: $\nu_{as}(COO^-)$ смещается с ~1585 $см^{-1}$ до ~1580 $см^{-1}$, а $\nu_s(COO^-)$ – с ~1415 $см^{-1}$ до ~1410 $см^{-1}$, что указывает на участие карбоксилатной группы в образовании водородных связей с катионом аммония ($NH_4^+\cdots{}^-OOC$–). Одновременно в области деформационных колебаний иона аммония фиксируются изменения полос $\delta_{as}(NH_4^+)$ ~1450 $см^{-1}$ и $\delta_s(NH_4^+)$ ~1775 $см^{-1}$, что свидетельствует о вовлечении иона NH_4^+ в водородные связи с карбоксилат-ионом аланина. Дополнительно, изменения в области валентных колебаний N-H (3200-3400 $см^{-1}$) и C=O (~1700 $см^{-1}$ для протонированной формы) подтверждают образование водородных связей между нитрат-ионом и протонированной аминогруппой аланина ($NO_3^-\cdots H_3N^+$–). Комплекс выявленных спектральных изменений однозначно доказывает, что основным механизмом взаимодействия в системе является образование межмолекулярных водородных связей.

Заключение. Комплексным физико-химическим исследованием установлено, что взаимодействие между нитратом аммония и DL-аланином в

водных растворах и твёрдой фазе осуществляется преимущественно за счёт образования водородных связей между ионом аммония и карбоксилатной группой, а также между нитрат-ионом и аминогруппой аланина. Образующиеся labile-ассоциаты стехиометрии ~1:1 не формируют новых кристаллических фаз при выделении в твёрдое состояние, но существенно влияют на свойства растворов, в частности, снижая температуру их кристаллизации. Полученные результаты являются научной основой для целенаправленного использования DL-аланина в качестве модифицирующей добавки к жидким азотным удобрениям на основе КАС с целью улучшения их низкотемпературной стабильности и агрохимической эффективности.

Список литературы

1. Азимов С.Х. Диссертация на соискание уч. степени доктора хим. наук. – Ташкент, 2025. – §4.5, 4.5.1-4.5.6.
2. ГОСТ 2-2013. Селитра аммиачная. Технические условия.
3. Langenfeld et al., PLOS ONE, 2021 (DAM-метод).
4. Lindroth & Mopper, Analit. Chem., 1979 (ВЭЖХ аминокислот).