

Золотарьова О.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ОЧИЩЕННЯ ЕКСТРАКЦІЙНОЇ ОРТОФОСФОРНОЇ КИСЛОТИ В ВИРОБНИЦТВІ ЗНЕФТОРЕНОГО АМОНІЙ ФОСФАТУ

В науковій роботі узагальнені та проаналізовані літературні відомості про способи знефторення екстракційної ортофосфатної кислоти. Показана перспективність використання осаджувальних методів очистки, особливо з застосуванням в якості осаджувального реагента сполук кальцію.

Вивчена розчинність калій та кальцій кремнефторидів, кальцій фториду в амонізованих розчинах ортофосфатної кислоти при мольному співвідношенні $\text{NH}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$ = від 0,2 до 1,5 та знайдені значення рівноважної концентрації фтору в вказаних розчинах.

Виявлені основні закономірності та визначені умови осадження фтору з екстракційної ортофосфатної кислоти в процесі її амонізації в залежності від мольного співвідношення Ca/F в кислоті та режиму амонізації.

Встановлено, що необхідно проводити амонізацію та очищення в декількох каскадно розташованих апаратах. На першому етапі амонізацію ортофосфатної кислоти доцільно проводити при кипінні розчину до $\text{pH} = 3,5\text{--}3,8$, при цьому практично не спостерігається виділення амоніаку. Доамонізацію пульпи до оптимального значення $\text{pH} = 4,4\text{--}4,8$ рекомендується здійснювати на другому етапі в апаратах, обладнаних тепловідводом для підтримування температури реакційної суміші в межах $85\text{--}90^\circ\text{C}$.

Визначено час, необхідний для очищення амонізованого розчину, – $60\text{--}90$ хв. Ступінь знефторення при цьому складає $\sim 99\%$.

На підставі проведених експериментальних досліджень розроблена технологічна схема одержання знефтореного діамонійфосфату з вмістом фтору менше $0,1\%$ мас.

Запропоновано спосіб регенерації фтору з фторовмісного концентрату, що утворюється в результаті суміщеного процесу очищення та амонізації екстракційної ортофосфатної кислоти.

У складі збалансованих кормів для худоби крім вітамінів, протеїну, жирів повинні бути також мінеральні солі. Найбільш важливими мінеральними елементами в раціоні тварин є фосфор, кальцій, натрій, калій, азот, хлор, сірка та інші. Нестача мінеральних речовин у раціоні тварин викликає зниження продуктивності тварин, захворювання та падіж худоби. Для заповнення дефіциту мінеральних речовин в кормах хімічною промисловістю поставляються сільському господарству синтетичні мінеральні підгодівлі. Світовий асортимент мінеральної підгодівлі налічує більше десяти. Переважне поширення набули кальцій, натрій, амоній фосфати. Застосування кальцій фосфатів для підгодівлі великої рогатої худоби часто стає неможливим, внаслідок того, що рослинні корми містять достатню або навіть надмірну кількість кальцію при дефіциті фосфору. Внаслідок цього співвідношення між елементами досягає $3,5\text{--}4 : 1$ замість $1,5 : 1$, що призводить до серйозних захворювань [1].

Більш ефективною підгодівлею в таких умовах є амоній фосфати, що містять азот, за рахунок якого може бути заповнена нестача протеїну в раціоні жуйних тварин. Встановлено, що введення в раціон великої рогатої худоби та овець амонійних солей або сечовини дозволяє заповнити $25\text{--}30\%$ споживаного ними кормового протеїну. Тваринниками відзначено, що діамонійфосфат має перевагу перед сечовиною, внаслідок відсутності токсичності для тварин. Азот амоній фосфату краще засвоюється ніж азот сечовини. Під впливом діамонійфосфату в організмі тварин поліпшується баланс фосфору та інші показники фосфорного обміну.

Ключові слова: екстракційна ортофосфорна кислота, амонізація, очищення, фтор, знефторення, моно амонійфосфат, діамонійфосфат.

Постановка проблеми. За оцінкою фахівців найбільш ефективною мінеральною підгодівлею для тварин є амоній фосфат. Виробництво цього продукту засноване на використанні ортофосфатної кислоти, одержуваної електротермічним

способом. Висока вартість термічної ортофосфатної кислоти та гострий її дефіцит зумовили необхідність проведення досліджень в області технології знефторених фосфатів на базі більш дешевої екстракційної кислоти. Використання

екстракційної ортофосфатної кислоти стримується через відсутність доступного методу очищення кислоти від домішок, особливо від фтору. Видалення сполук фтору та їх використання в інших галузях народного господарства є важливою економічним та екологічним завданням фосфорної промисловості. Знефторення кислоти здійснюється в процесі екстракції з виділенням фтору в вигляді кремнефториду лужних металів. Експлуатація цього методу вказала на високу економічну ефективність виробництва кормових фосфатів з екстракційної ортофосфатної кислоти. Однак сучасні вимоги до якості мінеральної підгодівлі викликають необхідність більш повного очищення ортофосфатної кислоти з метою зниження концентрації фтору в готовому продукті до нижче 0,1% мас.

Перспективним напрямком для вирішення цієї проблеми є очищення екстракційної ортофосфатної кислоти безпосередньо при її переробці на кормові та технічні фосфати. Постановка досліджень в даному напрямку є актуальною та економічно доцільною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми дослідження очищення екстракційної ортофосфатної кислоти в виробництві знефтореного амоній фосфату розглядалися у роботах Волошина М. Д., Копилова В. М., Крамарьова С. М., Яхонтової Є. Л. та інших вчених. Однак і сьогодні під час проведення експерименту, дана проблема викликає багато запитань.

Постановка завдання. В роботі досліджені основні закономірності очищення фосфорнокислих розчинів від фтору та поведінки домішок екстракційної ортофосфатної кислоти при її амонізації.

Виклад основного матеріалу. Видалення домішок з неочищеної ортофосфатної кислоти досягають різними способами, котрі можна розділити на чотири основні групи:

- осадження фтору неорганічними реагентами;
- термічна обробка кислоти;
- очищення кислоти органічними екстрагентами;
- виділення фтору за допомогою іонообмінників.

Способи очищення неорганічними реагентами

Найбільше число досліджень вперше описаних в літературі та впроваджених в промисловості, відносяться до методу видалення фтору

в вигляді нерозчинних і малорозчинних кристалічних продуктів, що випадають в осад при додаванні в розчин екстракційної ортофосфатної кислоти різних неорганічних речовин, найчастіше водорозчинних солей лужних металів.

За одним з найбільш ранніх способів до кислоти пропонувалося додавати натрій карбонат до досягнення величини $\text{pH} = 1,5$ одержуваного розчину $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$, при цьому фтор осідає в вигляді натрій кремнефториду [4].

Для знефторення екстракційної ортофосфатної кислоти можуть застосовуватися й інші сполуки натрію: Na_2SO_4 , NaCl , NaNO_3 , Na_2SiO_3 [5].

Найбільш ефективно знефторення досягається при додаванні NaOH [4].

Застосування найбільш поширених природних сполук лужних металів – хлоридів має той недолік, що в ортофосфатній кислоті після утворення кремнефториду з'являється хлоридна кислота (до 1,6% Cl^-) присутність якої збільшує корозію апаратури. При подальшій переробці екстракційної ортофосфатної кислоти хлоридна кислота виділяється в газову фазу, що ускладнює очистку відхідних газів.

Для підвищення розмірів кристалів Na_2SiF_6 рекомендується в вихідну екстракційну ортофосфатну кислоту, забруднену фтором, вводити частину раніше отриманого розчину $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$, в кількості, достатній для зв'язування всієї H_2SiF_6 в Na_2SiF_6 з подальшим розділення кристалів за фракціями в гідрокласифікаторах.

Вказується на ефективність використання й флокулянтів [4].

Досліджено процес знефторення екстракційної ортофосфатної кислоти содою та натрій сульфатом і встановлено вплив кількості натрієвих солей, послідовності їх введення, часу витримання суспензії, температури та добавок силіцій (IV) оксиду на ступінь осадження фтору з екстракційної ортофосфатної кислоти. Автори досягли ступеня осадження фтору до 92% при цьому залишковий вміст його в кислоті становив 0,1–0,13% мас. при введенні півтора-разового надлишку натрієвих солей від стехіометричної кількості з розрахунку на утворення Na_2SiF_6 . Час витримання суспензій незначно впливав на ступінь виділення фтору з кислоти, внаслідок чого фільтрування проводилося через 30–60 хвилин. При додаванні в відфільтровану від фосфогіпсу кислоту розчин содо-сульфатної суміші, для приготування якої застосовувався відхід глиноземного виробництва,

що містить в середньому 28–30% мас. соди, 65–67% мас. натрій сульфату, невелику кількість $(\text{Fe}, \text{Al})_2\text{O}_3$, NaCl , SiO_2 , ступінь знефторення кислоти при 60–65°C досягав 75–80%, а залишковий вміст фтору був досить високим і становив 0,33–0,42% мас. [5].

Обробка ортофосфатної пульпи в процесі отримання екстракційної ортофосфатної кислоти синтетичними або природним складним силікатом заліза та алюмінію, наприклад, серпентином, пальгорскітом в кількості 5% мас. спільно з натрій сульфатом або натрій хлоридом знижує вміст фтору в кислоті до 0,1% мас. і менш.

Автор [5] встановив, що додавання до розчину ортофосфатної кислоти 2–4% NaCl викликає висолювальну дію по відношенню до Na_2SiF_6 , але в присутності солей алюмінію осадження фтору неповне, за рахунок утворення комплексного іона більш розчинного креоліту.

Для досягнення високого ступеня очищення кислоти від домішок при введенні карбонату або натрій фосфату рекомендується в кислоті регулювати молярне співвідношення $\text{Al} : \text{Si} : \text{F} : \text{SO}_4^- : \text{Ca} = 1 : 0,8 : 12 : 16 : 1,5 : 2 : 4 : 8$ [16].

Кристали Na_2SiF_6 осаджуються в вигляді загустілого шламу, що містить натрій фосфати, внаслідок чого втрачається частина P_2O_5 , і осад важко відділяється від розчину. Так при відділенні осаду Na_2SiF_6 на центрифугах, залишковий вміст фтору в кислоті складає 0,39–0,56% мас [3].

Для зменшення цих явищ, які ускладнюють процес, запропоновано підвищувати в кислоті концентрацію сульфатного іона від 1,5 до 2,5%, вважаючи на загальну кількість кислоти. Отриманий при цьому осад кальцій сульфату видаляються декантацією, а в освітлений розчин додається суміш натрій силікату з натрій гідроксидом.

При використанні натрій хлориду в двократному надлишку від стехіометричного співвідношення можливе одержання кислоти з низьким вмістом фтору, при цьому на ступінь його осадження його не впливає концентрація P_2O_5 і кількість домішок Al_2O_3 , Fe_2O_3 .

Процес знефторення застосуванням калій хлориду був досліджений при розробці технології отримання кормового преципітату з суперфосфату [18] і при упарюванні кислоти $\text{KCl} : \text{H}_3\text{PO}_4 = 0,3 - 0,6 : 1$.

Відзначається, що при використанні для осадження фтору сполук калію досягається більш високий ступінь знефторення в порівнянні з застосуванням натрієвих сполук.

В якості джерела натрію й калію при очищенні екстракційної ортофосфатної кислоти запропоновано використовувати мелясу або барду – відходи харчової промисловості.

Розроблено замкнуті системи виділення фтору на заводах фосфорних добрив, засновані на осадженні фтористих сполук з розчину екстракційної ортофосфатної кислоти в вигляді Na_2SiF_6 натрій флуоридом.

Осаджений Na_2SiF_6 згущують, відокремлюють від розчину та піддають термічному розкладанню при температурі 750°C на SiF_4 та зворотний NaF , або до згущеного Na_2SiF_6 додають метасилікат типу Me_2SiO_3 , аміачну воду та NaCl , з метою одержання кремнезему та NaF – знефторювального реагенту на першому ступені. З метою підвищення чистоти кремнефториду, в ортофосфатну кислоту перед введенням сполук натрію пропонується вводити іони амонію в кількості, що забезпечує співвідношення = 0,07–0,1.

Для очищення екстракційної ортофосфатної кислоти від фтору можливе використання сполук барію і кальцію [4], при цьому досягається більш тонке очищення ортофосфатних розчинів, придатних для отримання кормових і харчових продуктів. При знефторенні екстракційної ортофосфатної кислоти, переважно з концентрацією 10–30% мас. P_2O_5 , додають сполуки кальцію до вмісту 0,25–0,3% мас. CaO в розчині, вводять достатню кількість HF , щоб перевести катіони кальцію, алюмінію, заліза, магнію в флуориди, які осаджуються з CaSO_4 .

Встановлено можливість осадження фтору шляхом обробки ортофосфатних розчинів нефеліном.

При взаємодії ортофосфатної кислоти з сечовиною при температурі від 0 до 25°C знижується вміст домішок в 10 разів.

Пропонується використання реакції подвійного обміну при змішуванні екстракційної ортофосфатної кислоти з сечовиною в стехіометричній кількості, необхідній для утворення фосфату сечовини, що утворює тверду фазу, з наступним промиванням осаду нітратною кислотою. В осаді міститься більше 50% домішок, присутніх в кислоті [2].

Для зниження концентрації сульфат-іона при очищенні екстракційної ортофосфатної кислоти від фтору запропоновано кислоту обробляти одночасно $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і Na_2CO_3 або NaOH .

Представляють інтерес методи знефторення екстракційної ортофосфатної кислоти з одночасним отриманням продукту. В даний час для

отримання кормового преципітату з екстракційної ортофосфатної кислоти використовують двоступеневе преципітування. Зазвичай на першому ступені преципітують пульпу на 30–40%. При цьому осаджується фтор і частина фосфатів заліза та алюмінію. Осад, що виділився, представляє собою добривний преципітат, а розчин, який залишився після відділення від осаду, преципітують з отриманням кормового преципітату. Такий метод дозволяє отримувати кормовий продукт з вмістом фтору менше 0,1% мас.

Запропоновано методи осадження домішок екстракційної ортофосфатної кислоти при отриманні амоній фосфатів за багаступеневими схемами. Наприклад, екстракційну ортофосфатну кислоту попередньо обробляють гідроксидом, карбонатом або хлоридом лужного металу та відокремлюють осад кремнефториду. Далі кислоту амонізують до $\text{pH} = 3,5\text{--}6$ і відокремлюють осад алюміній та залізо фосфатів. Очищений фільтрат амонізується на наступній стадії до pH більше 6. Очищення кислоти від домішок при отриманні амоній фосфатів можливо поєднувати з очищенням рециркулюючих маточних розчинів, що містять фтор і сульфат-іони. При їх змішуванні та введенні в реакцію фосфатної руди відбувається утворення кальцій сульфату та кальцій фториду, що виводяться з реакційної суміші, з подальшою її амонізацією до утворення нерозчинних сполук. З отриманого розчину з концентрацією фтор і сульфат-іонів, що не досягли тих значень, при яких вони осаджуються з амоній фосфатом, кристалізують амоній фосфат.

Знефторення термічною обробкою кислоти

Суміщення процесу хімічного очищення з термічною обробкою кислоти має важливу перевагу в порівнянні з розглянутими методами, що полягає в тому, що одночасно з очищенням кислоти здійснюється й її концентрування.

Відомо, що з підвищенням температури й концентрації P_2O_5 , вміст фтору в екстракційній ортофосфатній кислоті зменшується. На підставі цієї властивості запропоновано велику кількість способів знефторення кислоти в процесі її упарювання або концентрування [3].

Встановлено, що при випарюванні кислоти до концентрації 52–55% мас. P_2O_5 в газову фазу виділяється 80–90% мас. фтору, що міститься в екстракційній ортофосфатній кислоті. Упарена до такої до такої концентрації кислота містить 0,5–0,6% мас. фтору.

Збільшити ступінь виділення фтору можна шляхом додавання в кислоту різних летких

речовин, наприклад, бензину, ацетону, або продуванням через неї повітря, водяної пари або інертного газу при температурі вище точки кипіння кислоти, а також шляхом барботажу топкових газів. При цьому фтор виділяється в газову в вигляді сполук SiF_4 і HF . Широке застосування для інтенсифікації процесу знаходить додаткове введення в кислоту SiO_2 або силікатних матеріалів спільно з натрієвими солями. Ортофосфатну кислоту, яка містить 30–32% мас. P_2O_5 і 1,7–1,9% мас. фтору, упарюють до концентрації 55–60% мас. P_2O_5 , додаючи тонкодисперсний SiO_2 , наприклад, отриманий при переробці газів, що виділилися при розкладанні природного фосфату і містять SiF_4 . Фтористі гази, що виділяються при випарюванні кислоти, використовують для отримання фторидів, а SiO_2 , що утворюється при повертають в процес знефторення кислоти [3]. Очищена кислота, яка містить до 0,1% мас. фтору, придатна для приготування технічних фосфатів.

Висока швидкість дефторування кислоти досягається при кипінні в присутності 0,3–1,2% мас. кремнію з безперервним додаванням води з метою підтримання постійної концентрації P_2O_5 в киплячій суміші.

З метою отримання чистих фосфатних розчинів запропоновано до неочищеного розчину екстракційної ортофосфатної кислоти, який містить менш 25% мас. P_2O_5 , додавати кислоту з більш високим вмістом фосфорного ангідриду, що викликає випадання в осад основних домішок кислоти [5].

Способи знефторення екстракційної ортофосфатної кислоти, пов'язані з її випарюванням, знайшли порівняно широке застосування. Однак, ці способи мають ряд істотних недоліків: дороге апаратурне оформлення, великі додаткові енерговитрати, а також те, що сполуки заліза, алюмінію, магнію та кальцію залишаються в розчині і потрібно додаткове очищення. Крім того, упарена ортофосфатна кислота стає більш в'язкою, що викликає певні труднощі з її подальшою переробкою.

Способи очищення з застосуванням органічних екстрагентів і іонообмінників

Процеси засновані на здатності органічних сполук селективно екстрагувати ортофосфатну кислоту. Спочатку селективну екстракцію застосовували для обробки маточних розчинів виробництва фосфатів з низьким вмістом домішок, а згодом стали використовувати для обробки кислоти, відокремленої від кальцій

сульфату. Деякі з цих способів використовуються в промисловості. Пульпа, отримана після розкладання фосфориту сульфатною кислотою, обробляється органічним розчинником, в якості якого можна використовувати кетони, альдегіди, ефіри, аліфатичні та ароматичні спирти, наприклад, бутиловий, аміловий і інші, або суміш спирту та ефіру. Їх беруть приблизно п'ятикратне кількість від маси пульпи. Для розділення ортофосфатної кислоти та розчинника передбачається кілька процесів, наприклад, дистиляція, нейтралізація содою або амоніаком, екстракція чистою водою або летким вуглеводнем типу бензолу [4].

Метод, запропонований М. М. Фольковою, полягає в тому, що після відділення осаду солей заліза та алюмінію з розчину викристалізують натрій фосфат. Кристали нагрівають до плавлення, в розплавлену масу вводять сульфатну кислоту та відганяють воду під вакуумом, після чого ортофосфорну кислоту відокремлюють від натрій сульфату екстракцією спиртом.

Запропоновано також ряд методів очищення кислоти іонообмінними смолами. При використанні катіонітів вихідна кислота піддається

подвійному очищення. Спочатку додаванням BaSO_4 , BaCO_3 та H_2S осаджують сульфати та арсен, а потім пропускають розчин через катіоніт або аніоніт.

При розробці процесу сорбційної очистки екстракційної ортофосфатної кислоти з метою отримання кислоти, придатної для виробництва кормових та харчових фосфатів, вивчені властивості аніонітів АМП і АН-22. Максимальна ємність АМП за фтор-іоном 80 мг/л в інтервалі температури 20–60°C. Зі збільшенням концентрації P_2O_5 і SO_3 ємність смоли за фтором знижується. Ємність АН-22 за фтором вище й становить 115–130 мг/л.

Висновки. Застосування органічних розчинників і сорбентів для очищення екстракційної ортофосфатної кислоти має перспективне майбутнє, оскільки з розвитком промисловості органічного синтезу з'являються дешеві розчинники, що мають високу виборчу здатність. Однак, в своїй більшості органічні розчинники – це вибухо-пожежонебезпечні речовини, що є суттєвою причиною, яка стримує їх використання для селективних методів очищення екстракційної ортофосфатної кислоти.

Список літератури:

1. Бахтіна Я. В. Обґрунтування вибору осаджувального реагенту для очистки екстракційної ортофосфатної кислоти / Сучасний рух науки : тези доп. IX міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 2–3 грудня 2019 р. Дніпро, 2019. Т.1. С. 80–84.
2. Основи охорони праці : підручник / Запорожець О. І., Протоєрейський О. С., Франчук Г. М., Боровик І. М. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 264 с.
3. Охорона праці в галузі : навч. посіб. / Атаманчук П. С., Мендерецький В. В., Панчук О. П., Білий Р. М. Київ : Центр учбової літератури 2017. 322 с.
4. Загребельна, О. Ю., Василенко, К. В., Ніколенко, М. В. / Аналітичний контроль у виробництві фосфатних харчових добавок, Хімія та сучасні технології, 2 том збірника тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. Дніпро. 2019. Т. 2. С. 83.
5. Малахова К.В., Меджидова Е.К., Ніколенко Н.В. Оптимізація умов синтезу харчових фосфатів. / Стан і перспективи розвитку хімічної, харчової промисловості. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Херсон. 2017. С 27–28.

Zolotarova O.V. RESEARCH ON PURIFICATION METHODS OF EXTRACTION-GRADE ORTHOPHOSPHORIC ACID IN THE PRODUCTION OF DEFLUORINATED AMMONIUM PHOSPHATE

This scientific work summarizes and analyzes the literature data on the defluorination methods of extraction-grade orthophosphoric acid. The prospectivity of using precipitation purification methods, especially with the application of calcium compounds as a precipitating agent, is shown.

The solubility of potassium and calcium silicofluorides, and calcium fluoride in ammoniated orthophosphoric acid solutions at a molar ratio of $\text{NH}_3 / \text{H}_3\text{PO}_4$ = from 0.2 to 1.5 was studied, and the equilibrium fluorine concentration values in these solutions were determined.

The main regularities were revealed and the conditions for fluorine precipitation from extraction-grade orthophosphoric acid during its ammoniation were determined, depending on the Ca/F molar ratio in the acid and the ammoniation regime.

It was established that ammoniation and purification should be carried out in several cascade-arranged apparatuses. In the first stage, the ammoniation of orthophosphoric acid is advisable to conduct at the

boiling point of the solution to a pH of 3.5–3.8, whereby ammonia release is practically not observed. The post-ammoniation of the pulp to an optimal pH value of 4.4–4.8 is recommended to be carried out in the second stage in apparatuses equipped with heat removal to maintain the temperature of the reaction mixture within the range of 85–90°C.

The time required for the purification of the ammoniated solution was determined to be 60–90 minutes. The degree of defluorination achieved is ~99%.

Based on the conducted experimental studies, a technological scheme for obtaining defluorinated diammonium phosphate with a fluorine content of less than 0.1 wt.% was developed.

A method for the regeneration of fluorine from the fluorine-containing concentrate, which is formed as a result of the combined purification and ammoniation process of extraction-grade orthophosphoric acid, is proposed.

In the composition of balanced animal feed, besides vitamins, protein, and fats, mineral salts should also be present. The most important mineral elements in the animal diet are phosphorus, calcium, sodium, potassium, nitrogen, chlorine, sulfur, and others. A deficiency of minerals in the animal diet causes a decrease in animal productivity, diseases, and livestock mortality. To compensate for the deficit of minerals in feed, the chemical industry supplies agriculture with synthetic mineral supplements. The global assortment of mineral feed supplements numbers more than ten. Calcium, sodium, and ammonium phosphates have gained the most widespread use. The application of calcium phosphates for feeding cattle often becomes impossible due to the fact that plant-based feeds contain a sufficient or even excessive amount of calcium with a phosphorus deficiency. As a result, the ratio between the elements reaches 3.5–4 : 1 instead of 1.5 : 1, which leads to serious diseases [1].

A more effective feed supplement under such conditions is ammonium phosphates, which contain nitrogen, thereby helping to compensate for the protein deficiency in the diet of ruminant animals. It has been established that the introduction of ammonium salts or urea into the diet of cattle and sheep allows for the replacement of 25–30% of the feed protein they consume. Animal breeders have noted that diammonium phosphate has an advantage over urea due to the absence of toxicity to animals. The nitrogen in ammonium phosphate is better absorbed than the nitrogen in urea. Under the influence of diammonium phosphate, the phosphorus balance and other indicators of phosphorus metabolism in the animal organism are improved.

Key words: extraction-grade orthophosphoric acid, ammoniation, purification, fluorine, defluorination, monoammonium phosphate, diammonium phosphate.