

**ВИДЫ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИХ СВОЙСТВА**

Омонова Махфузахон Содиковна

Старший преподаватель кафедры «Химия и химическая технология»,  
Ферганский политехнический институт, Республика Узбекистан, г. ФерганаE-mail: [maxfuzahonmonova@gmail.com](mailto:maxfuzahonmonova@gmail.com)**Аннотация**

В статье отображено значение азотных удобрений. Рассмотрены наиболее популярные удобрения для растений на основе азота. Были изучены свойства азота и способы получения азотных удобрений.

**Ключевые слова:** аммафос, Нитратные удобрения, Амидные удобрения, Азотные удобрения.

**Введение**

Азотные удобрения — неорганические и органические азотосодержащие вещества. К минеральным азотным удобрениям относят амидные, аммиачные и нитратные. Азотные удобрения получают главным образом из синтетического аммиака. Из-за высокой мобильности соединений азота его низкое содержание в почве часто лимитирует развитие культурных растений, поэтому внесение азотных удобрений вызывает большой положительный эффект [1]. Азотные удобрения представляют собой белый или желтоватый кристаллический порошок (кроме цианамиды калия и жидких удобрений), хорошо растворимы в воде, не поглощаются или слабо поглощаются почвой. Поэтому азотные удобрения легко вымываются, что ограничивает их применение осенью в качестве основного удобрения. Большинство из них обладает высокой гигроскопичностью и требует особой упаковки и хранения [2].

По выпуску и использованию в сельском хозяйстве наиболее важные из этой группы аммиачная селитра и мочевина, составляющие около 60% всех азотных удобрений.

**Основная часть**

Из всех типов удобрений азотные наиболее подвержены воздействию со стороны почвенных микроорганизмов. В первую неделю после внесения до 70% массы удобрения потребляется бактериями и грибами (иммобилизуются), лишь после их гибели входящий в их состав азот может использоваться растениями. Большие потери азота удобрений происходят из-за выноса легко растворимых нитратов и солей аммония из почвенного профиля, а также в ходе денитрификации (газообразные потери) и из-за нитрификации (образование нитратов и их вынос). В итоге коэффициент использования удобрений растениями редко достигает 50%, их применение может вызывать эвтрофикацию близлежащих водоёмов. Образующийся в ходе денитрификации  $N_2O$  является сильным парниковым газом [1]. Разнообразие почвенных и климатических условий, биологические особенности различных сельскохозяйственных культур, а также экономические

соображения обусловили необходимость производства нескольких видов азотных удобрений. Азотные удобрения содержат азот в трех **основных формах**: [1].

- 1) в форме аммиака, связанного с какой-нибудь минеральной кислотой, — аммиачные удобрения;
- 2) в нитратной форме, т. е. в виде солей азотной кислоты, — нитратные удобрения;
- 3) в амидной форме — амидные удобрения

Кроме перечисленных видов азотных удобрений, имеются также удобрения, содержащие азот одновременно в аммиачной и нитратной форме (например, аммиачная селитра). К аммиачным удобрениям относятся: сульфат аммония, хлористый аммоний, бикарбонат аммония, жидкие аммиачные удобрения. К аммиачно-нитратным удобрениям относятся: аммиачная селитра (нитрат аммония, азотнокислый аммоний), известковая селитра (сульфонитрат аммония, лейна-селитра, монтан-селитра, нитросульфат аммония) [1].

**Нитратные удобрения** — натриевая селитра (нитрат натрия, азотнокислый натрий, чилийская селитра), кальциевая селитра (нитрат кальция, азотнокислый кальций, известковая селитра, норвежская селитра), калийная селитра (нитрат калия, азотнокислый калий). Калийная селитра, кроме азота, содержит калий и является источником азотно-калийного питания растений.

**Аммиачная селитра (нитрат аммония,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )** - высококонцентрированное азотное гранулированное удобрение. Получают нейтрализацией азотной кислоты газообразным аммиаком с последующим гранулированием продукта. Содержит азот в двух формах: аммонийный и нитратный по 17% каждого. Универсальное азотное удобрение может применяться в качестве предпосевного (основного) удобрения и как подкормка. Особенно эффективна для ранневесенней подкормки зерновых. Для предотвращения слеживаемости селитра обрабатывается антислеживающей добавкой. Марка А - применяется в промышленности, Б - в сельском хозяйстве. Селитра аммиачная марки «Б» выпускается с применением кондиционирующих добавок, содержащих кальций, магний, сульфат или сульфат в сумме с фосфатом. Допускается применять новые добавки по согласованию с потребителем. Аммиачная селитра - наиболее эффективна из группы азотных удобрений. Вносится под большинство сельскохозяйственных культур во все типы почв, характеризуется высокой усвояемостью азота. Выпускается гранулированная и чешуированная селитры [2].

Известково-аммиачная селитра –  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \times \text{CaCO}_3$  – содержит до 20% азота. Получают введением в плав нитрата аммония тонко молотого доломита с последующим гранулированием. Благодаря углекислому кальцию, обладает более благоприятными физическими свойствами, чем аммиачная селитра. В сельском хозяйстве применяется в качестве сложного (азот-кальций-магний) гранулированного удобрения. Азот в нитратной ( $\text{NO}_3$ ) форме способствует усвоению кальция, который улучшает окраску и качество плодов, лежкость фруктов, картофеля и лука, и тем самым способствует предотвращению потерь урожая при хранении и транспортировке. Универсальное

удобрение может применяться на всех видах почв, под все сельскохозяйственные культуры. Широко применяется в странах Западной Европы [2].

**Аммиачные удобрения**—азотные удобрения, содержащие азот в аммиачной (аммонийной) форме. К ним относятся нитрат аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , сульфат аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , хлорид аммония  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , карбонат аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  и гидрокарбонат аммония  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ , аммиак жидкий, аммиачная вода, сульфид аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , а также азотно-фосфорные удобрения (аммофос и диаммофос), азотно-калийные удобрения и др. Все аммиачные удобрения хорошо растворимы в воде, и их азот быстро усваивается растениями. Не следует путать с нашатырным спиртом — водным раствором аммиака.

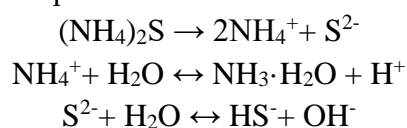
**Хлорид аммония** (хлористый аммоний; техническое название—**нашатырь**)—неорганическое соединение, соль аммония с химической формулой  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , белый кристаллический слегка гигроскопичный порошок без запаха. Хорошо растворяется в воде. Не образует кристаллогидратов. В природе хлорид аммония представлен минералом нашатырь, от араб. نشادر (nūšādīr)— «аммиак». Природный раствор хлорида аммония, находящийся в целоме, обеспечивает нейтральную плавучесть планктонных кальмаров—кранхиид. Не следует путать с нашатырным спиртом — водным раствором аммиака. [2]. Бесцветные или белые кристаллы кубической сингонии. Соединение возгоняется при  $337,6\text{ C}$  с разложением на аммиак и соляную кислоту. Хорошо растворим в воде ( $37,2\text{ г} / 100\text{ мл}$ ), жидком аммиаке. Водные растворы вследствие гидролиза имеют слабокислую реакцию. Температура кипения насыщенных водных растворов  $116^\circ\text{C}$ . Растворимость (безводного вещества в безводном растворителе): в этаноле —  $0,6\text{ г}/100\text{ г}$ , в метаноле—  $3,3\text{ г}/100\text{ г}$  [3].

Растворимость безводного  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (в  $\text{г}/100\text{ г}$  воды) при температуре

0 C	10°C	20 C	30°C	40 C	50 C	60 C	70 C	80 C	90 C	100°C
29,4	33,3	37,2	41,4	45,8	50,4	55,2	60,2	65,6	71,3	77,3

**Карбонат аммония** (углекислый аммоний, химическая формула— $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ —аммониевая соль угольной кислоты [5]. При стандартных условиях, **карбонат аммония**—это бесцветные, или белые кристаллы, хорошо растворимые в воде. Бесцветные кристаллы соединения хорошо растворимы в воде. Не образует кристаллогидратов [6].

**Сульфид аммония**—соль с формулой  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ . Аммония сульфид иногда используется в фотографии для проявления, для патинирования бронзы и в текстильной промышленности. Сульфид аммония, будучи солью слабого основания и слабой кислоты, разлагается водой следующим образом:



**Аммофос**—азотно-фосфорное концентрированное гранулированное растворимое удобрение. (Фосфорнокислый аммоний). Содержит около 10—12 % N и 52 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. В основном состоит из моноаммонийфосфата NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> и частично диаммонийфосфата (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.

Получают нейтрализацией фосфорной кислоты аммиаком:



**Аммофос** — концентрированное гранулированное комплексное фосфорно-азотное удобрение получают нейтрализацией ортофосфорной кислоты аммиаком. Основу аммофоса составляют **моноаммонийфосфат NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>** и частично **диаммонийфосфат (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>**. В аммофосе, который выпускается в виде двух марок — «А» и «Б», содержится 9—11% N и 42—50% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, т. е. отношение N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в удобрении чрезмерно широкое, равно 1: 4 (азота содержится в 4 раза меньше, чем фосфора). Это высококонцентрированное удобрение, содержащее азот и фосфор в хорошо усвояемой растениями форме. 1 ц аммофоса заменяет не менее 2,5 ц простого суперфосфата и 0,35 ц аммиачной селитры. Чаще всего встречается формула удобрения 11-52-0. Растворимость при 20°C составляет 370 г/л, рН раствора - 4-4,5. Рекомендуется его использование в начале сезона, когда потребность корневой системы в фосфоре особенно высока. Удобрение малогигроскопично и относится к группе **водорастворимых** фосфорных удобрений. Это соединения, которые хорошо растворяются в воде [7]. При наличии влаги в почве быстро распадается на NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, ионы, которые хорошо усваиваются растениями. Реакция почвенного раствора изменяется на слабокислую, поэтому аммофос - хороший выбор для нейтральных и щелочных почв. Гранулированный аммофос вносят разбрасыванием по поверхности почвы с последующей заделкой или ленточно. Моноаммонийфосфат в почве можно располагать близко к прорастающим семенам без опасности повреждения их аммиаком. Недостаток азота компенсируется внесением азотных удобрений в подкормку [6]. Аммофос можно непосредственно применять и в качестве припосевного (рядкового) удобрения под хлопчатник, картофель и зерновые культуры [7].

- **Нитратные удобрения**

- К нитратным удобрениям относят натриевую и кальциевую селитры, а также калийную селитру. Эти удобрения являются физиологически щелочными, поэтому их целесообразно применять на кислых почвах.

- **Натриевая селитра – NaNO<sub>3</sub>**. Содержит до 16% азота. Кристаллический порошок белого или сероватого цвета, хорошо растворяется в воде, гигроскопичен, поэтому хранить надо в сухом месте. Вносят это удобрение под все культуры, считается, что наиболее отзывчивы на него корнеплоды, особенно сахарная свекла.

- **Кальциевая (норвежская) селитра – Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**. Содержит до 15,5% азота. Удобрение гигроскопично, поэтому его хранят во влагонепроницаемых мешках. На кислых почвах это самое распространенное азотное удобрение.

**Нитра́т на́трия** (азотнокислый натрий, натриевая селитра, чилийская селитра, натронная селитра)— натриевая соль азотной кислоты с формулой  $\text{NaNO}_3$ . Бесцветные прозрачные кристаллы с ромбоэдрической или тригональной кристаллической решеткой без запаха. Вкус— резкий солёный. Применяется очень широко и является незаменимым в промышленности соединением

**Физические свойства:** Молекулярная масса— 85. Это бесцветные длинные кристаллы, плотностью  $2,257 \text{ г/см}^3$ .  $t_{\text{пл}} 308^\circ\text{C}$ , при  $t$  выше  $380^\circ\text{C}$  разлагается. Растворимость(г в 100 г) в:

- воде— 72,7 ( $0^\circ\text{C}$ ), 87,6 ( $20^\circ\text{C}$ ), 91,6 ( $25^\circ\text{C}$ ), 114,1 ( $50^\circ\text{C}$ ), 124,
- Жидком аммиаке— 127 ( $25^\circ\text{C}$ )
- гидразине— 100 ( $25^\circ\text{C}$ )
- этаноле— 0,036 ( $25^\circ\text{C}$ )
- метаноле— 0,41 ( $25^\circ\text{C}$ )
- пиридине— 0,35 ( $25^\circ\text{C}$ ).

Натриевая селитра обладает высокой гигроскопичностью, что затрудняет использование этого вещества в пиротехнике [7].

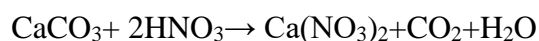
**Кальция нитрат**, кальциевая селитра, азотнокислый кальций—неорганическая соль азотной кислоты. Соединение сильно гигроскопично, поэтому его хранят без доступа влаги. Химическая формула  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . Вещество представляет собой белый порошок без цвета, вкуса и запаха. Он хорошо растворим в воде.

При  $500^\circ\text{C}$  начинает разлагаться с выделением  $\text{O}_2$  и образованием сначала  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ , а затем  $\text{CaO}$  и  $\text{NO}_2$ .

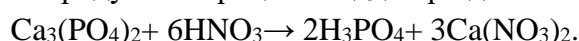
Кальциевая селитра при нормальных условиях негорючая, пожаро- и взрывобезопасная, устойчивая в интервале температур от  $-60^\circ\text{C}$  до  $+155^\circ\text{C}$ . Вещество представляет собой соль азотной кислоты и гидроксида кальция. Соответственно, оно имеет все свойства, характерные для солей кислот. Например,

Ионы кальция образуют устойчивые соединения с краун эфирами.

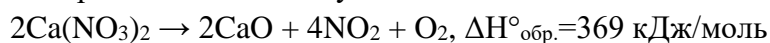
Нитрат кальция производится путём обработки известняка с азотной кислотой, после нейтрализации аммиака:



Он также является побочным продуктом процесса Олдо при добыче фосфата кальция:



Так же как нитраты других щелочноземельных металлов и  $\text{LiNO}_3$ , кальциевая селитра при нагревании разлагается на выпуске диоксида азота:



Гранулированный, безводный нитрат кальция, применяется как добавка в бетон, в качестве удобрения, для приготовления рассола в холодильной технике, в производстве

реактивов, стеклопластиков, а также как один из компонентов для производства взрывчатки. Нитрат кальция является физиологическим щелочным удобрением, пригодным для всех почв и прежде всего для закисленных почв. В сельском хозяйстве применяют как азотное удобрение. Выпускают в гранулированном виде; товарный продукт должен содержать не менее 15,5% азота, кроме того, к нему добавляют в процессе производства 4—7 % нитрата аммония для уменьшения гигроскопичности удобрения; содержание влаги не должно превышать 15 %. Нитрат кальция вносят под все культуры. Наиболее эффективен на кислых почвах, особенно для весенней подкормки озимых. Несмотря на то, что нитрат кальция в смеси с горючими веществами способен давать недорогой источник кирпично-красного пламени, применение его в этом качестве крайне ограничено из-за сильной гигроскопичности.

**Нитрат калия** (азотнокислый калий, калиевая селитра, калийная селитра, индийская селитра и др., химическая формула— $KNO_3$ )—неорганическая калиевая соль азотной кислоты. В стандартных условиях, нитрат калия — это кристаллическое бесцветное вещество, нелетучее, слегка гигроскопичное, без запаха. Нитрат калия хорошо растворим в воде. Малотоксичен для живых организмов. Нитрат калия в нормальных условиях представляет собой бесцветные кристаллы (в измельчённом состоянии белый порошок) с ионной структурой и ромбической или гексагональной кристаллической решёткой. Слегка гигроскопичен, склонен несильно слеживаться со временем. Не имеет запаха, нелетуч. Хорошо растворим в воде, в средней степени в глицерине, жидком аммиаке, гидразине, нерастворим в чистом этаноле и эфире (в разбавленных водой растворяется плохо).

Таблица растворимости в некоторых растворителях, в граммах  $KNO_3$  на 100 г  $H_2O$  [10].

Растворитель/Температура, °C	0	10	20	25	30	40	60	80	100
Вода	13,9	21,2	31,6	37,9	46,0	61,3	106,2	166,6	245,0
Жидкий аммиак	10,52			10,4					
Гидразин			14						

При медленной кристаллизации вырастают очень длинные игольчатые кристаллы. Нитрат калия хорошо поддаётся очистке перекристаллизацией, причём с небольшими потерями, благодаря сильному повышению растворимости с ростом температуры. В Средние Века и Новое Время (когда активно использовали порох) для получения нитрата калия служили селитряницы— кучи из смеси навоза (и других перегнивающих компонентов) с известняком, строительным мусором и прочим известняковым материалом с прослойками из соломы или хвороста, накрытые дёрном для удерживания образующихся газов. При гниении навоза образывался аммиак, который, накапливаясь в прослойках из соломы, подвергался нитрификации и превращался вначале в азотистую, а затем в азотную кислоту. Последняя, взаимодействуя с известняком, давала  $Ca(NO_3)_2$ , который



выщелачивался водой. Добавка древесной золы (состоящей в основном из поташа) приводила к осаждению  $\text{CaCO}_3$  и получению раствора нитрата калия; нередко золу добавляли сразу в кучу вместо известняка, тогда калиевая селитра получалась сразу. В природе нитрат калия распространён в виде минерала нитрокалита, в Ост-Индии находится одно из крупнейших месторождений, отсюда второе название — индийская селитра. Природный нитрат калия образуется в результате разложения азотсодержащих веществ с последующим связыванием медленно выделяющегося аммиака и итробактериями, чему способствует влага и тепло, поэтому наиболее крупные залежи находятся в странах с жарким климатом. Наиболее известные месторождения нитрата калия находятся в Индии, Боливии, Австралии, Чили, ЮАР, России, США и Шри-Ланке. Он также встречается в Китае, Мексике, и других странах. В очень малых количествах нитрат калия содержится в растениях, является промежуточным продуктом при переработке ими почвенных сульфата и карбоната калия. Основное применение на сегодняшний день нитрат калия находит в качестве ценного удобрения, так как совмещает в себе два элемента, частично блокирующих усвоение друг друга растениями, когда находятся в составе отдельных соединений. Применяется при изготовлении дымного пороха и некоторых других горючих смесей (например, карамельного ракетного топлива), которые почти полностью сейчас используются в производстве пиротехнических изделий. Применяется также в электровакуумной промышленности и оптическом стекловарении для обесцвечивания и осветления технических хрустальных стёкол и придания прочности изделиям из стекла [10,11]. Расплав иногда используется в химических лабораториях и у любителей химии для получения металлического калия электролизом, наряду с гидроксидом калия. Используется в качестве сильного окислителя в металлургии, в частности, при переработке никелевых руд. В пищевой промышленности нитрат калия применяется в качестве консерванта E252. Сам по себе он не имеет существенного антибактериального действия, но его оказывает образующийся в результате восстановления нитрит калия в мясных продуктах, в которых нитрат калия наиболее широко используется в качестве консерванта [12,13,14,15,16]. В чистом виде аммиачная селитра значительно уступает большинству взрывчатых веществ по энергии взрыва, однако её взрывоопасность должна учитываться при транспортировке и хранении. Взрывоопасность гранулированной селитры повышается с ростом её влажности и при температурных перепадах, приводящих к перекристаллизации [19,20].

### Амидные удобрения

**Мочевина (карбамид) –  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$**  – содержит 46% азота. Это самое концентрированное из азотных удобрений. Выпускают его в гранулированном виде, покрывая гранулы жировой пленкой для уменьшения слеживаемости. Мочевина в почве преобразуется при участии бактерий в углекислый аммоний. Ее используют как основное удобрение и в подкормки с незамедлительной заделкой в почву для предотвращения потерь в виде газообразного аммиака [20]. **Мочевина** (карбамид, урея) — химическое соединение, диамиду гольной кислоты. Белые кристаллы, растворимые в полярных растворителях (воде, этаноле, жидком аммиаке). Впервые была обнаружена в моче. Особое значение

мочевине в истории органической химии придал факт её синтеза из неорганических веществ Фридрихом Вёлером в 1828 году: Это превращение является первым синтезом органического соединения из неорганического. Вёлер получил мочевину нагревом цианата аммония, полученного реакцией взаимодействия цианата калия с сульфатом аммония. Это событие нанесло первый удар по витализму— учению о жизненной силе [21]. Бесцветные кристаллы без запаха, кристаллическая решётка тетрагональная сингония ( $a= 0,566$  нм,  $b= 0,4712$  нм,  $c= 2$ ); претерпевает полиморфные превращения кристаллов. Мочевина хорошо растворима в полярных растворителях (воде, жидком аммиаке и сернистом ангидриде), при снижении полярности растворителя растворимость падает. Мочевина нерастворима в неполярных растворителях (алканах, хлороформе) [17,18,19].

• Мочевина образует комплексы— включения (клатраты) со многими соединениями, например с перекисью водорода, используемой как удобная и безопасная форма «сухого» пероксида водорода (гидроперит). Способность мочевины образовывать комплексы включения с алканами используется для депарафинизации нефти. Причём мочевина образует комплексы только с  $n$ -алканами, ибо разветвлённые углеводородные цепи не могут пройти в цилиндрические каналы кристаллов мочевины [12,13,14,16].

• Недавно обнаружена способность мочевины образовывать глубокоэвтектические растворы при смешении с хлоридом холина, хлоридом цинка и некоторыми другими веществами. Такие смеси имеют температуру плавления заметно ниже по сравнению с исходными веществами (часто даже ниже комнатной температуры). Мочевина является конечным продуктом метаболизма белка у млекопитающих и некоторых рыб. Производные нитрозомочевин находят применение в фармакологии в качестве противоопухолевых препаратов. Концентрация мочевины определяется в биохимическом анализе крови и мочи. Нормы для сыворотки крови человека:

- дети до 14 лет— 1,8—6,4 ммоль/л
- взрослые до 60 лет— 2,5—8,32 ммоль/л
- взрослые старше 60 лет— 2,9—7,5 ммоль/л [18,19,20,21].

Экскреция мочевины с мочой у здорового взрослого человека составляет 26–43 г/сут (430–720 ммоль/сут). Данное исследование используется для оценки азотистого баланса и суточной потребности в белке и энергии.

**Цианамид кальция**—кальциевая соль амида циановой кислоты( цианамида) с формулой  $\text{CaCN}_2$ . Технический цианамид кальция— бесцветные, не разлагающиеся на сухом воздухе кристаллы. Содержит примерно 35% связанного азота. Собственно для связывания атмосферного азота это вещество и получают. Летуч, плавится без разложения под избыточным давлением азота. В холодной воде растворяется, в горячей полностью разлагается [14, 21]. В качестве компонента фитотоксического оружия и азотного удобрения. В форме цитрата применяется в медицине (кальция карбимид, Calcium carbimide, Temposil, Колме, Мидзо, Циамид)— вызывает непереносимость алкоголя из-за блокирования фермента ацетальдегиддегидрогеназы и связанной с этим интоксикацией организма от накопления ацетальдегида [16,17,18].



## Список литературы

1. Лидин Р. А. и др. Химические свойства неорганических веществ: Учеб. пособие для вузов.— 3-е изд., испр.—М.: Химия, 2000.— 480 с.—ISBN 5-7245-1163-0.
2. opinions of the scientific committee for food on: Nitrates and Nitritet Архивная копия от 6 марта 2015 на Wayback Machine/ Reports of the scientific committee for food; European Commission, 1997
3. Дубнов, Л. В. (1988). Промышленные взрывчатые вещества.
4. Homeland Security to Regulate Fertilizer Chemical Used in Oklahoma City, Norway Bombings (англ.). Associated Press (2 августа 2011). Дата обращения: 30 сентября 2013. Архивировано 1 января 2015 года.
5. Мельников, Е. А. (1986). Справочник азотчика: Физико-химические свойства газов и жидкостей. Производство технологических газов. Очистка технологических газов. Синтез аммиака. М.: Химия, 18, 342-383.
6. Иванов, М. Е., Олевский, В. М., Поляков, Н. Н., Стрижевский, И. И., Ферд, М. Л., & Цеханская, Ю. В. (1978). Технология аммиачной селитры. М.: Химия.
7. Сороко, С. Н., Веденин, В. А., Червенко, И. Н., Симулин, Н. А., Харламов, В. В., Алексеев, А. М., ... & Тикман, А. М. (1979). Способ получения азотной кислоты.
8. Smith, E. L., Abbott, A. P., & Ryder, K. S. (2014). Deep eutectic solvents (DESs) and their applications. *Chemical reviews*, 114(21), 11060-11082.
9. Meessen, J. H. (2000). Urea. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*.
10. Мельников, Б. П., & Кудрявцева, И. А. (1965). Производство мочевины. Л.: Химия, 20-43.
11. А.А.Потехина и А.И.Ефимова.— 3-е изд., перераб. и доп.— Л.: Химия, 1991.— 432 с.ISBN 5-7245-0703-Х.
12. Третьяков, Ю. Д., Мартыненко, Л. И., Григорьев, А. Н., & Цивадзе, А. Ю. (2001). Неорганическая химия. Химия элементов: Учебник для вузов: в 2 книгах. Кн. 1. М. Химия.
13. Lamy, J. V. (2020). *Assessing Population Genetic Structure and Hatchery Introgression in Eastern Brook Trout (Salvelinus Fontinalis) in the Beebe River Watershed*. Plymouth State University.
14. Абдуллажонов, Х. (2020). Обучение студентов направления «Технология пищевых продуктов» по результатам исследований состава воды. *Universum: технические науки*, (12-3 (81)), 5-7.
15. Хамракулов, З. А., Мамажонов, Р. Т., & Юсупова, Н. А. (2021). Создание химического препарата для защиты сельскохозяйственных культур на основе промышленных отходов. *Universum: технические науки*, (5-5 (86)), 26-29.
16. Tulanovna, K. D., & Kizi, A. S. D. (2021). Physicochemical studies of the production of defoliant based on magnesium chlorate and ammonium thiocyanate. *Asian journal of multidimensional research*, 10(4), 95-100.
17. Кодирова, Д. Т., & Ахмедова, С. Д. К. (2022). Исследование диаграмм водных систем хлората кальция и фосфата диэтаноламмония. *Universum: технические науки*, (5-7 (98)), 57-62.

18. Sodiqovna, O. M., & Alisherovna, A. M. (2021). Classification Of Inorganic Substances and Their Types. *Texas Journal of Multidisciplinary Studies*, 2, 231-234.
19. Йулбарсова, М. В., Саидкамоллов, С. М. У., & Мирзаолимов, А. Н. (2021). Влияние карбамида на процесс получения карбонитрофоса. *Universum: технические науки*, (5-4 (86)), 34-37.
20. 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)), 33-38.
21. Мирзаолимов, А. Н., Эргашев, Д. А., & Хамдамова, Ш. Ш. (2023). Получение нового жидкого удобрения с физиологической активностью. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 17, 45-57.
22. Кодирова, Д. Т., Мирсалимова, С. Р., Умаралиева, М. Ж., Абидова, М. А., & Нурматова, З. Н. К. (2020). Изучение процесса получения азотно-фосфорных удобрений разложением кзылкумских фосфоритов азотной кислотой. *Universum: технические науки*, (3-2 (72)), 57-59.