

УДК 549.751.1

СЕЛИТРЫ – ОСОБАЯ ГРУППА ВЕЩЕСТВ

Софья Сергеевна Сигачёва

студент

sofa.sigacheva@yandex.ru

Александр Валентинович Кострикин

доктор химических наук, профессор

Radi1@rambler.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье представлен обзор селитр – как отдельной группы солей. Рассмотрено происхождение индивидуальных названия селитр, ряд их химических свойств и способы получения в быту.

Ключевые слова: селитра, коровий навоз, поташ, выгребные ямы, мочеви́на, аммиак, нитраты, нитриты.

Введение. Цель настоящей статьи: исследовать вопросы происхождения названия веществ группы селитр, а также технологические и экологические аспекты её получения в русских хозяйствах в XVI – XIX веках.

Как известно, селитрами называют соли азотной кислоты с катионами аммония, калия, кальция, бария, натрия, магния, стронция. Все эти вещества, в названии которых употребительно слово «селитра» представлены в таблице 1, где также приводятся ряд их физических и химических свойств [4].

Как следует из таблицы 1, все селитры – бесцветные кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде. Раньше (в XVIII, XIX, XX веках) названия селитрам давали по географическому месту их происхождения: индийская селитра, чилийская селитра, норвежская селитра. Другие селитры называли по катиону в их составе. При термическом разложении всех селитр выделяется кислород и образуются оксиды за исключением KNO_3 . Нитриты редко являются продуктами их разложения. Преобладание тех или иных продуктов зависит от температуры.

Таблица 1

Селитры, их состав и свойства

Тривиальное название	Состав	Систематическое название	Характеристика
Аммонийная селитра	NH_4NO_3	Аммония нитрат	Бесцветные гигроскопичные кристаллы. Растворимость: хорошо растворяется в воде, в этиловом и метиловом спирте, жидком аммиаке, пиридине. Применение: в качестве азотного удобрения для овощей, ягодных, плодовых культур и цветов, используется как взрывчатое вещество.

Аммиачная селитра			При давлении 11 мм рт.ст. NH_4NO_3, кипит при 210°C и перегоняется без разложения. При температуре 230°C разлагается на оксид азота(I) и воду: $\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{230^\circ\text{C}} \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ Механизм этого процесса включает термическую диссоциацию соли, образование нитрамида и его разложение: $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HNO}_3$ $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{HO}\cdot + \cdot\text{NO}_2$ $\text{HO}\cdot + \text{NH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \cdot\text{NH}_2$ $\cdot\text{NH}_2 + \cdot\text{NO}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{NO}_2$ (нитрамид) $\text{N}_2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ При более сильном нагревании ($> 250^\circ\text{C}$) или в присутствии восстановителей разложение соли происходит со взрывом: $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{>250^\circ\text{C}} 2\text{NO} + \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \quad [2]$
Бариевая селитра или	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	Бария нитрат	Бесцветные кубические кристаллы

Баритовая селитра			Растворимость: в 100 мл H₂O 9,2 г при +20 °С; 34,2 г при +100 °С). Нерастворим в спирте и концентрированной азотной кислоте. Применение: для получения оксида и пероксида бария, компонент эмалей и глазурей, в пиротехнике для окрашивания пламени в зелёный цвет, как, окислитель в зажигательных и трассирующих составах. Термическое разложение: $2\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \longrightarrow 2\text{BaO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2 \quad [2]$
Индийская селитра или Калийная селитра, или Калиевая селитра	KNO ₃	Калия нитрат	Бесцветные орторомбические кристаллы Растворимость: хорошо растворим в воде, в средней степени в глицерине, жидком аммиаке, гидразине, нерастворим в этаноле и эфире.

			Сильный окислитель, реагирует с горючими материалами, нередко со взрывом. Применение: в качестве удобрения, в производстве пиротехнических изделий, дымного пороха. Разложение: это единственная селитра, которая разлагается с образованием нитрита: $2\text{KNO}_3 \rightarrow 2\text{KNO}_2 + \text{O}_2$ [2]
Магниева селитра	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Магния нитрата кристаллогидрат	Бесцветные кубические кристаллы. Растворимость: в 100 г воды: 73,3г (20 °С), 81,2г (40 °С), 91,9г (60 °С), растворим также в этаноле, метаноле, жидком NH_3; Применение нитрата магния: Как удобрение и в пиротехнике. Разложение: $2\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 2\text{MgO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$ [2]

Норвежская селитра или Известковая селитра, или Кальциевая селитра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ * $4\text{H}_2\text{O}$	Кальция нитрата кристаллогидрат	В 1905 году начали производить в Норвегии, в промышленных масштабах – отсюда и название. Нитрат кальция образует бесцветные кубические кристаллы. Растворимость: хорошо растворяется в воде, имеет высокую гигроскопичность. Применение: Азотное удобрение (наиболее эффективен на кислых почвах) в пиротехнике, обработка сточных вод для предотвращения образования сероводорода, в строительстве (при укладке бетона), в производстве латекса, при создании охлаждающих смесей. Разложение: $2\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \longrightarrow 2\text{CaO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$ [2]
---	---	--	--

Чилийская селитра или Натронная селитра, или Натриевая селитра	NaNO_3	Натрия нитрат	Была найдена в природе в 1830 году. Её залежи наблюдаются в пустыне Атакама (Чили). Бесцветные ромбоэдрические кристаллы. Растворимость: хорошо растворяется в воде, глицерине, жидком аммиаке, плохо — в этаноле, метаноле, ацетоне. Применение: В качестве удобрения для хлопчатника, табака и овощных культур, источник кислорода в пиротехнике, как консервант в производстве мясных консервов. Разложение: протекает сразу по нескольким направлениям: $2\text{NaNO}_3 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{NaNO}_2 + \text{O}_2$ $2\text{NaNO}_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{Na}_2\text{O} + \text{N}_2 + \frac{5}{2}\text{O}_2$ В зависимости от температуры в продуктах реакции обнаруживается
---	-----------------	---------------	--

			пероксид натрия Na_2O_2 и оксиды азота. [2]
Стронциевая селитра	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	Стронция нитрат	Бесцветные кристаллы. Растворимость: в 100 мл H_2O растворяется 50 г при 20°C, растворимость сильно зависит от температуры. Применение: в пиротехнике (при горении придает огню интенсивную красную окраску), производство специальных стёкол и керамики. Разложение: при нагревании разлагается с выделением кислорода, оксидов азота и оксида стронция: $2\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 2\text{SrO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$ [2]

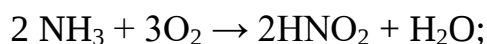
В средние века и в новое время в хозяйствах в России получали только индийскую селитру.

В сточных канавах, выгребных ямах, в конюшнях и хлевах всегда присутствует мочевина. Она входит в состав мочи человека и животных. Основная доля азота в моче находится в форме мочевины $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Именно мочевина является прекурсором для процесса образования селитры. Она

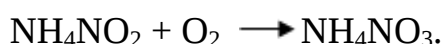
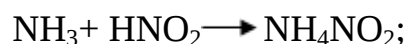
довольно быстро превращается в аммиак, полностью гидролизуясь в почве в течение 24 часов [8].

Процесс образования аммонийной селитры осуществляется в две фазы в организмах бактерий. Этот процесс называют нитрификацией [5].

Фазы нитрификации: первая фаза нитрификации описывается уравнением:



второй фазой происходит окисление нитрита в нитрат:



В этих процессах учувствуют две разные, филогенетически не связанные группы микроорганизмов (автотрофы, нитрификаторы), которые получают энергию из окисления органических веществ и фиксируют CO_2 [5].

В хозяйствах в указанный исторический период нитраты выщелачивали водой и обрабатывали древесной золой, содержащий поташ (карбонат калия, K_2CO_3). Образовывалась калийная селитра (KNO_3), которая кристаллизовалась при упаривании раствора. Последнюю сушили на бараньих шкурах и использовали для производства пороха [6].

Поэтому же принципу образовывалась индийская селитра на стенах выгребных ям, которую хозяин должен был собирать и сдавать в качестве налога [3]. В настоящее время использование выгребных ям для производства индийской селитры не применяется. Указанные выше методы являлись экологически небезопасным и главное неконкурентоспособными по сравнению с промышленным производством.



Рисунок 1 – Василий Поленов. Московский дворик, 1878 год, Третьяковская галерея. Выгребная яма располагается в левом нижнем углу картины.

Основными регионами добычи селитры в мире были:

Индия. В бассейне Ганга штат Раджастан – плодородные почвы и весьма сухой климат являются благоприятными условиями для образования нитратов. Сжигание тел на берегах Ганга способствовало увеличению содержания нитратов в почве и воде.

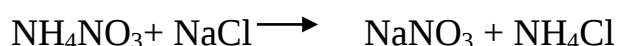
При кремации человеческих тел часть азота превращается в аммиак (NH_3) и оксиды азота (NO , NO_2). В засушливые периоды, когда испарение воды происходит особенно активно, нитраты накапливались в почве и образовывали залежи селитры [7].

Эта селитра поступала на средневековые рынки, а потому она стала известна с VI века нашей эры как индийская селитра. В Китае её использовали в производстве пороха, откуда и пошло ее название.

Чили. Пустыня Атакама находится на берегу Тихого океана. Ранее, когда уровень Мирового океана был выше и на этой территории существовали лагуны и обширные прибрежные зоны. Морские организмы (водоросли, планктон) превращали азот воздуха в органические соединения. После их гибели эти соединения оседали на дне. Органические остатки растений,

животных и экскременты птиц – являлись исходным сырьем для образования селитры. Экстремальная засушливость Атакамы, малое количество осадков предотвращало вымывание растворимых нитратов, что приводило к образованию рудные тел, содержащие селитру, буру, поваренную соль и медь [10].

Как видим, чилийская селитра (названа по месту добычи) – результат нитрификации органических остатков: водорослей, остатков животных и птиц, их экскрементов, с последующим действием на продукты хлорида натрия. Последняя стадия её образования может быть описана уравнением:



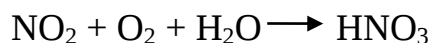
Хлорид аммония легко разлагается при нагревании (свыше 340 °C) [2].

В настоящее время чилийская селитра образуется при оседании морского тумана.

Норвегия – это географический район производства, а не добычи. Норвежская селитра была одним из первых азотных удобрений, произведенным в промышленном масштабе с использованием метода фиксации атмосферного азота [7]. Процесс включает следующие этапы:

1. Азот из воздуха соединяется с кислородом под воздействием электрической дуги при высокой температуре, образуя оксиды азота (NO, NO₂). Это было осуществлено в так называемых «электрических печах».

2. Оксиды азота затем поглощаются водой, образуя азотную кислоту (HNO₃):



3. Азотная кислота нейтрализовывались известняком (карбонатом кальция, CaCO₃), образуя нитрат кальция:



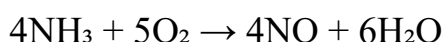
Данный метод был разработан норвежским учёным Кристианом Биркеландом вместе со своим деловым партнёром Сэмом Эйде в 1903 году. Производство норвежской селитры сыграло важную роль в развитии сельского

хозяйства и промышленности Норвегии в начале XX века. Установка Биркеланда и Эйде поглощала до 95% образующего оксида азота и превращала его в 50%-ную азотную кислоту.

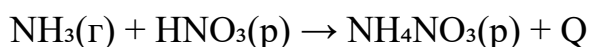
Однако 1920-м году от этого метода отказались, так как дуговой разряд требовал огромного количества электроэнергии [7], концентрация получаемой азотной кислоты была относительно мала, что делало установку экономически мало эффективной.

Аммиачная селитра (NH_4NO_3) получается в результате реакции нейтрализации азотной кислоты (HNO_3) аммиаком (NH_3).

Аммиак смешивают с воздухом и пропускают через платино-родиевый катализатор при температуре 800-900 °С. Происходит окисление аммиака до оксида азота(II):

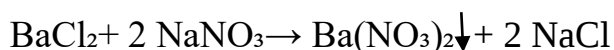


Газообразный аммиак (NH_3) смешивают с разбавленной азотной кислотой (HNO_3) в реакторе-нейтрализаторе. Реакция экзотермическая:



Полученный раствор аммиачной селитры упаривают и концентрированный раствор подают на грануляцию, гранулы сушат и охлаждают. Чистая аммиачная селитра гигроскопична – легко поглощает влагу из воздуха и слеживается. Чтобы предотвратить это, к ней добавляют мел, фосфоритную муку, сульфат аммония, магнезит, поверхностно-активные вещества для улучшения сыпучести. Этот процесс позволяет получать аммиачную селитру в больших количествах, что делает её доступным и широко используемым азотным удобрением [1].

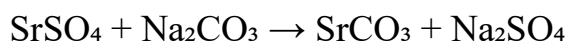
Бариевая селитра или нитрат бария ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$), может быть получена в ходе реакции обмена между растворимой солью бария и нитратом NH_4NO_3 . Однако на практике обычно используют хлорид (BaCl_2) или сульфид бария (BaS). Поскольку нитрат бария менее растворим, чем образующийся хлорид натрия, при условиях процесса он выпадает в осадок [9].



Магниева селитра или кристаллогидрат нитрата магния $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, может быть получена несколькими способами. Взаимодействие оксида магния (MgO), гидроксида магния ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) или карбоната магния (MgCO_3) с азотной кислотой (HNO_3) этот метод основан на реакции нейтрализации кислоты.

Оксид, гидроксид или карбонат магния постепенно добавляют к разбавленной азотной кислоте (обычно около 50-60% концентрации) при перемешивании, нагревают для ускорения реакции (смесь можно нагреть до умеренной температуры в 50-70 °C). После чего раствор фильтруют для удаления не растворившихся примесей. Упаренный раствор охлаждают, чтобы вызвать кристаллизацию кристаллогидрата нитрата магния, который отделяют и сушат при умеренной температуре [9].

Стронциева селитра или нитрат стронция в природе встречается в незначительных количествах, поэтому его получают промышленным путем из руд, содержащих стронций. Наиболее распространёнными минералами являются целестин (сульфат стронция SrSO_4) и стронцианит (карбонат стронция SrCO_3). Сначала целестин переводится в стронцианит, реакцией с карбонатом натрия:



Стронцианит растворяют в азотной кислоте:



После очистки раствора от примесей, нитрат стронция кристаллизуют путем выпаривания раствора. Полученные кристаллы дополнительно очищают перекристаллизацией [9]. Технологический процесс может варьироваться в зависимости от используемого оборудования, качества исходного сырья и требований к чистоте конечного продукта.

Результаты исследования показали, что:

а) селитры, являясь солями азотной кислоты с различными катионами, имеют разнообразное происхождение и способы получения.

б) Названия трех веществ из этой группы образованы по географическим местам их добычи или получения. Названия остальных селитр, определяется их химическим составом и обусловлено использованием в пиротехнических составах в качестве донора кислорода.

в) Образование селитр происходит в природе, где образуются их залежи, получают их также бытовыми и промышленными способами. Получение селитр в быту в частности, индийской селитры сопровождается значительными экологическими проблемами.

Список литературы:

1. Воробьев, А.Е. Химия и технология азотных удобрений: учебное пособие / А.Е. Воробьев, В.П. Лепин. СПб.: Лань, 2018. - 320 с.
2. Дроздов А.А. Зломанов В.П. Мазо Г.Н. Спиридонов Ф.М. Тамм М.Е. Шевельков А.В. Современная неорганическая химия: учебник для студ. высш. учеб. заведения. в 2т. Т.1.: Лаборатория знаний, 2025. С. 470-478.
3. Кузнецов А.В., Масленников И.П. Экологическая безопасность химических производств: учебное пособие // М.: Академия, 2012. 240 с.
4. Мельников Е.Я. Азотные удобрения. Свойства и применение. М.: Химия, 1987. (Об удобрениях, включая селитры)
5. Нетрусов Александр Иванович Микробиология. Часть 2. // URL: <https://teach-in.ru/file/synopsis/pdf/microbio-M.pdf?ysclid=mcls4hfawr130884908>
6. Охрана труда в химической промышленности. / Под ред. Л.А. Титовой. М.: Химия, 1987.
7. Сидорова, А.А., Кузнецова, В.В. Экологические проблемы производства азотных удобрений и пути их решения // Химическая промышленность сегодня. 2018. № 10. С. 32-38.
8. Турчин Ф. В. Азотное питание растений и применение азотных удобрений. Избранные труды. М., «Колос», 1972. 336 с.
9. Шевелева А.Т. Технология неорганических веществ (удобрения, кислоты и соли). М.: Высшая школа, 1992.

UDC 549.751.1

SALTPETERS ARE A SPECIAL GROUP OF SUBSTANCES

Sofya S. Sigacheva

student

sofa.sigacheva@yandex.ru

Alexander V. Kostrikin

doctor of chemical sciences, professor

Radi1@rambler.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The article provides an overview of saltpeter as a separate group of salts. The origin of the individual names of saltpeter, a number of their chemical properties and methods of production in everyday life are considered.

Keywords: saltpeter, cow manure, potash, cesspools, urea, ammonia, nitrates, nitrites.

Статья поступила в редакцию 10.05.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 10.05.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.