

# ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

*П.А. Ватрушкина<sup>1</sup>, А.Н. Вторушина<sup>2</sup>*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, <sup>1</sup>pavl4@tpu.ru, <sup>2</sup>anl@tpu.ru*

В работе рассмотрено влияние производства азотных удобрений на окружающую среду, предложен метод очистки сточных вод с использованием природных цеолитов для снижения концентрации аммонийных и нитратных загрязнений.

Ключевые слова: азотные удобрения, очистка сточных вод, сорбция, цеолиты, аммиак, нитраты, экологическая безопасность, окружающая среда.

Производство азотных удобрений играет ключевую роль в химической промышленности и агропромышленном комплексе. Наша страна – один из мировых лидеров по выпуску и поставкам азотных удобрений, обеспечивая значительную часть глобального производства этой продукции.

При дальнейшем развитии отрасли крайне важно учитывать экологические аспекты. Крупномасштабное производство удобрений связано с определенным воздействием на окружающую среду. Поэтому гармоничное развитие данного сектора возможно лишь при соблюдении равновесия между экономической эффективностью и экологической безопасностью.

Промышленное производство азотных удобрений практически полностью базируется на синтезе аммиака. В результате его окисления также получают азотную кислоту для производства нитратных удобрений. В ассортименте азотных удобрений значительное место занимают аммиачные и амидные формы, в частности мочевины (56 % всех производимых азотных удобрений) и аммиачная селитра [1].

Производство азотных удобрений включает несколько ключевых этапов, на каждом из которых возможно образование загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду. Основными источниками выбросов являются процессы подготовки сырья, химической обработки, грануляции, сушки и фасовки. В зависимости от этапа, основными загрязнителями сточных вод предприятий азотной промышленности являются:

- аммиак ( $\text{NH}_3$ ) – удаляется методами абсорбции, биологической нитрификации, стриппинга;
- карбамид (мочевина) – подвергается гидролизу или биологическому разложению;
- аммонийный азот ( $\text{NH}_4^+$ ) – эффективно извлекается ионообменными методами, химическим осаждением или электродиализом;
- нитраты и нитриты – удаляются биологической денитрификацией или каталитическим восстановлением [2–3].

Несмотря на широкий перечень различных методов очистки сточных вод, поиск эффективных и экономичных решений продолжает оставаться актуальным. Азот, являясь биогенным компонентом, поступая в больших количествах в водные экосистемы может приводить к нарушениям естественных процессов.

В ходе исследования была предложена методика очистки сточных вод предприятий по производству азотных удобрений с использованием природных цеолитов Сахатинского и Ургунского месторождений в качестве сорбентов. Цеолит – это группа природных и искусственных каркасных алюмосиликатов с микропористой структурой, благодаря которой он действует как молекулярное сито, обладает свойствами адсорбента и ионообменника [4]. Метод основан на поглощении ионов аммония из сточных вод слоем сыпучего адсорбционного материала.

Проведена сравнительная оценка сорбционной способности цеолитов в отношении ионов аммония, с использованием активированного угля в качестве контрольного образца. Концентрация водных растворов аммиака до и после сорбции определялась методом фотометрии. Методика основана на взаимодействии ионов аммония с реактивом Несслера с образованием нерастворимой в воде йодистой соли. Полученные пробы, имеющие коричневый окрас, поддаются фотометрированию. Светопоглощение измеряют при длине волны 425 нм. Для определения концентрации ионов аммония в растворах до и после сорбции использовалась градуировочная зависимость. Для всех образцов сорбция проводилась в одинаковых условиях: постоянное перемешивание, время сорбции, объем сорбента, объем раствора

для сорбции и т.д. Для построения изотерм сорбции использовали интервалы концентраций ионов аммония от 0,0002 до 0,005 мг/мл.

По полученным результатам построены изотермы сорбции (рис. 1).

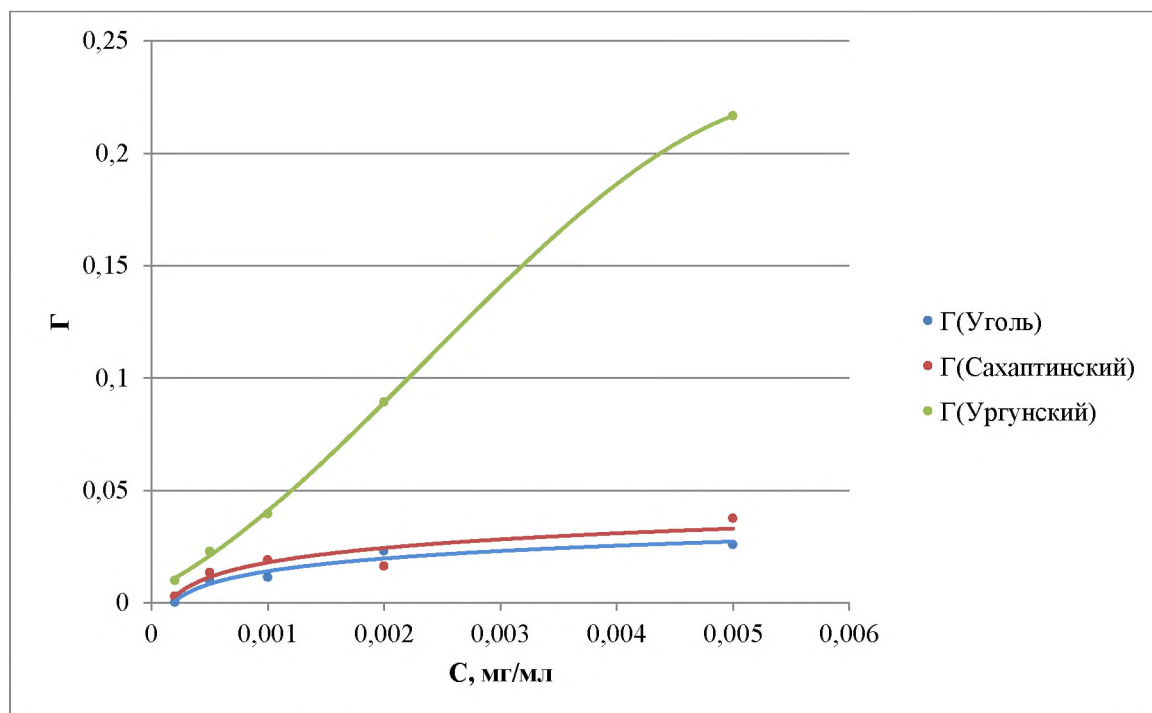


Рис. 1. Изотермы сорбции.

Из представленных зависимостей можно видеть, что наибольшая величина сорбции аммонийных соединений была зафиксирована при использовании цеолита Ургунского месторождения. Полученные результаты позволяют рассматривать данный материал в качестве перспективного сорбента для очистки сточных вод, содержащих аммонийные соединения, на предприятиях азотно-туковой промышленности.

Таким образом, в ходе исследования было проанализировано воздействие предприятий по производству азотных удобрений на окружающую среду. Установлено, что сточные воды таких производств содержат аммонийные и нитратные формы азота, способные вызывать эвтрофикацию водных объектов. В качестве решения предложен метод сорбционной очистки с использованием природных цеолитов, демонстрирующий эффективность в извлечении указанных загрязняющих веществ. Следует отметить, что цеолит может быть использован многократно, после регенерации поверхности, которая заключается в промывке сорбента противотоком. Эта характеристика обеспечивает технологические и экономические преимущества метода, а также повышает его экологическую безопасность за счет многократного использования сорбционных материалов. После полного цикла использования сорбентов на основе природных цеолитов, их можно утилизировать с достаточно низкими экономическими затратами и без негативного воздействия на окружающую среду.

Предложенный в работе подход позволяет снизить антропогенную нагрузку на водные экосистемы и может быть рекомендован для внедрения в технологические схемы очистки сточных вод предприятий азотно-туковой промышленности.

#### Библиографический список

1. Большая Российская Энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL: <https://bigenc.ru/c/azotnye-udobreniia-0cf12b> (дата обращения: 27.07.2025).
2. Немущенко Д. А., Горбунов Ф. К., Милюшина А. С. Физико-химические методы очистки сточных вод: учеб. Пособие / Д. А. Немущенко, Ф. К. Горбунов, А. С. Милюшина. Новосибирск: НГТУ, 2023. 108 с.
3. ООО «РДЛ» [Электронный ресурс]. – URL: <https://podshipnik-td.ru/info/spravochnye-materialy/kak-sozdayutsya-udobreniya-oborudovanie-i-etapy-proizvodstva/> (дата обращения: 27.07.2025).
4. Сендеров Э. Э., Хитаров Н. И. Цеолиты, их синтез и условия образования в природе // Москва: Наука. 1970. С. 283.