

«ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОГО СОРБЕНТА ОПОКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ БИОГЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ»

Джиенбаева Азиза Ринатовна

студентка 4 курса образовательной программы «Прикладная экология» Атырауский университет имени Х. Досмухамедова, г. Атырау, Республика Казахстан

Научный руководитель – кандидат педагогических наук, ассоциированный профессор Тлепбергенова А.Е.

Вода является ключевым ресурсом для функционирования биосферы и жизнедеятельности человека. Несмотря на то, что около 71% поверхности Земли покрыто водой, лишь 2,5% её объёма составляет пресная вода, пригодная для потребления и хозяйственного использования. При этом большая часть пресной воды сосредоточена в ледниках и труднодоступных водоносных горизонтах, что ограничивает её доступность для человека.

Рост численности населения, индустриализация и интенсивное сельское хозяйство привели к увеличению потребления водных ресурсов и одновременному ухудшению их качества. Одним из наиболее опасных типов загрязнений являются биогенные соединения — азот и фосфор. Они активно поступают в водные объекты с удобрениями, сточными водами и отходами жизнедеятельности человека [1].

Накопление биогенных соединений приводит к процессу эвтрофикации, сопровождающейся интенсивным ростом водорослей, уменьшением содержания растворённого кислорода, нарушением экологического равновесия, образованием токсинов и невозможностью использования водоёмов для питьевых, хозяйственных или рекреационных целей. Эвтрофикация также ухудшает органолептические свойства воды: цвет, мутность и запах, снижая её качество.

Традиционные методы очистки воды включают физические процессы (фильтрация, осаждение), химические методы (коагуляция, осаждение фосфатов), ионный обмен и биологические методы. Однако они требуют значительных затрат, специализированного оборудования и больших энергетических ресурсов.

В последние годы возрастающий интерес вызывает использование природных сорбентов, обладающих высокой доступностью, низкой стоимостью и экологической безопасностью. Среди них опока — осадочная порода с высоким содержанием кальция и кремния, способная эффективно связывать биогенные соединения посредством адсорбции и химического осаждения [2].

Современные исследования показывают активное использование природных и техногенных материалов для удаления загрязняющих веществ из воды. К распространённым сорбентам относятся цеолиты, глины, кремнистые породы и биомасса.

Особое внимание уделяется материалам с высоким содержанием кальция, которые связывают фосфаты через процессы адсорбции и химического осаждения. Так, в ряде исследований установлено, что опока позволяет удалять до 90–99% фосфора из сточных вод. В то же время удаление азота изучено менее интенсивно, особенно нитратов, эффективность удаления которых остаётся низкой.

Также в широкой практике подчёркивается значимость физических характеристик сорбента: уменьшение размера частиц повышает удельную поверхность и скорость сорбции, а тип контакта — статический или динамический — влияет на эффективность очистки.

Для моделирования процессов очистки применяются как статические пакетные испытания, так и динамические колонковые методы. Первый метод позволяет оценить потенциальную сорбционную ёмкость материала при максимальном контакте с водой. Второй — демонстрирует работу сорбента в условиях, близких к реальной фильтрации.

Загрязнение водных ресурсов биогенными соединениями, в первую очередь соединениями азота и фосфора, представляет собой одну из наиболее острых экологических проблем современного общества. Эти вещества поступают в водные объекты с сельскохозяйственными стоками, промышленными и коммунальными водами, что приводит к интенсивному росту эвтрофикации водоёмов. Эвтрофикация сопровождается цветением водорослей, снижением содержания растворённого кислорода, нарушением экологического равновесия, ухудшением органолептических характеристик воды и снижением биоразнообразия.

В условиях увеличивающейся антропогенной нагрузки и ограниченности пресных водных ресурсов крайне важным становится разработка эффективных, экономически доступных и экологически безопасных технологий очистки воды [3]. Одним из перспективных направлений является использование природных сорбентов, таких как опока — кремнисто-карбонатная порода с высоким содержанием карбоната кальция (~70%) и диоксида кремния (~26–27%).



Рисунок 1 — Круговая диаграмма состава опоки.

На рисунке 1 представлена круговая диаграмма, отражающая химический состав опоки. Основную долю составляет карбонат кальция (CaCO_3) — 70,7%, что свидетельствует о высокой реакционной способности материала. Значительную часть занимает диоксид кремния (SiO_2) — 26,3%, обеспечивающий сорбционные свойства породы. Прочие вещества составляют незначительную долю — около 3%, что не оказывает существенного влияния на основные характеристики материала.

Таким образом, представленный состав подтверждает перспективность использования опоки в качестве природного сорбента для очистки от биогенных загрязнений.

Данные компоненты обеспечивают высокую сорбционную способность материала и его реакционную активность по отношению к биогенным соединениям.

В исследованиях по оценке эффективности удаления биогенных соединений из различных типов вод: водопроводной, воды из аквариума с рыбами и реки Урал. Использовались два метода: пакетные (статические) испытания и колонковые (динамические) испытания. Определялись исходные показатели качества воды: pH, концентрации аммонийного и нитратного азота, фосфатов и органического углерода.

Результаты показали высокую эффективность сорбции: удаление фосфора достигало 96,6%, аммонийного азота — 84%, органического углерода — 79%.

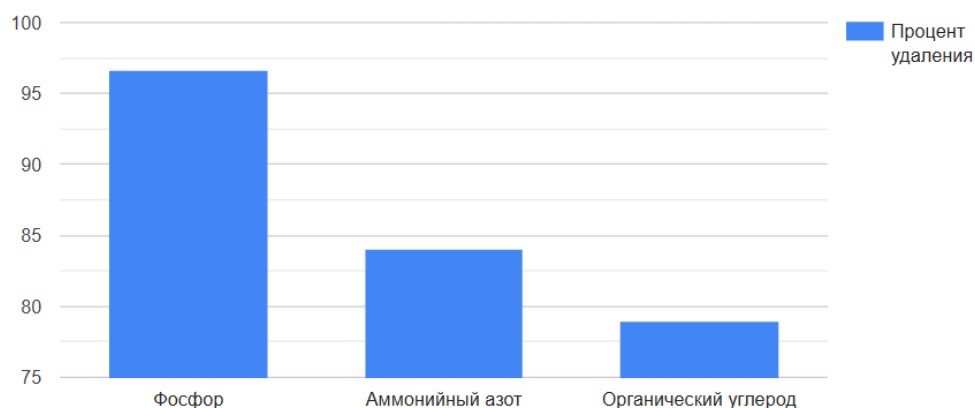


Рисунок 2 — Показатели эффективности сорбции загрязняющих веществ (фосфора, аммонийного азота и органического углерода)

На рисунке 2 представлена диаграмма эффективности очистки по трем ключевым компонентам. Согласно полученным данным, максимальная степень извлечения характерна для фосфора (96, %). Эффективность удаления аммонийного азота и органического углерода составила 84% и 79% соответственно, что подтверждает высокую сорбционную способность исследуемого материала.

Наибольшая эффективность наблюдалась при использовании мелкозернистой фракции сорбента в пакетных условиях, что объясняется увеличением удельной поверхности и интенсивностью контакта фаз.

Полученные данные подтверждают высокий потенциал природных сорбентов как альтернативы традиционным методам очистки воды. Результаты исследования соответствуют современным концепциям устойчивого развития и циркулярной экономики, демонстрируя возможность рационального использования природных материалов для решения актуальных экологических проблем [4].

Основные компоненты опоки содержат карбонат кальция (~70%) и диоксид кремния (~26–27%), с примесями глинистых минералов. Высокое содержание кальция обеспечивает химическую реакционную способность и способность связывать фосфаты.

Определялись рН, концентрации аммонийного и нитратного азота, фосфатов и органического углерода.

При использовании метода эксперимента путем пакетного (batch) испытания, сорбент добавлялся в воду, смесь перемешивалась и оставлялась для достижения равновесия. Эффективность вычислялась по формуле:

$$E = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \cdot 100\%$$

где (E) — эффективность удаления, (C_0 — исходная концентрация вещества, (C_t) — концентрация после обработки.

При применении метода эксперимента колонковых испытаний, вода пропусклась через колонну с сорбентом, что позволяет оценить эффективность в динамических условиях.

Фосфор: пакетные испытания — 96,6% (мелкозернистая), 90,8% (крупнозернистая); колонковые — 67,8% и 54% .

Аммонийный азот: статические условия — до 84%, динамические — ниже.

Нитратный азот: менее эффективное удаление, мелкозернистая фракция более результативна.

Органический углерод: пакетные условия — до 79% .

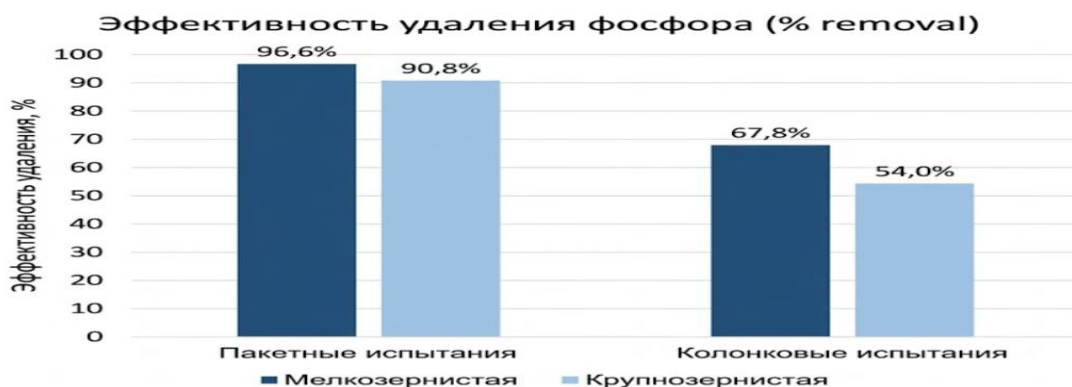


Рисунок 3 — Сравнительная эффективность сорбции фосфора в пакетных и колонковых испытаниях для различных фракций сорбента

Как видно из диаграммы, мелкозернистая фракция неизменно показывает лучшие результаты. Максимальное удаление фосфора наблюдается в статических условиях (96,6%), в то время как динамические условия (колонковые испытания) снижают эффективность очистки [5].

Выводы: уменьшение размера частиц увеличивает эффективность сорбции; статические условия дают более высокие показатели; эффективность зависит от типа и концентрации загрязняющего вещества. Опока эффективна для удаления биогенных соединений, особенно фосфора. Преимущества: доступность, низкая стоимость, экологическая безопасность, отсутствие сложной подготовки. Практическое применение: локальная очистка воды, очистные сооружения, восстановление качества водоёмов. Использование природных сорбентов, таких как опока, является перспективным направлением экологически ориентированных технологий очистки воды.

Список литературы

1. Смирнова, Е. Н. *Природные сорбенты и их применение в водоочистке*. Журнал "Экология и ресурсы", 2019, №3, с. 45–52.
2. Кузнецов, Д. М., Левин, И. А. *Использование кремнистых пород для удаления биогенных соединений из воды*. Вестник водных технологий, 2018, Т. 12, №2, с. 15–23.
3. Johnson, P., Smith, R. *Natural sorbents for phosphorus removal in freshwater systems*. Water Research, 2017, 123, pp. 34–45.
4. Brown, L., Green, T. *Adsorption kinetics of nitrogen compounds on calcareous materials*. Environmental Science & Technology, 2016, 50(4), pp. 2001–2010.
5. Петрова, М. С., Климов, В. А. *Исследование сорбционных свойств опоки для очистки водных объектов*. Журнал "Водные ресурсы", 2021, №4, с. 12–25.