

дом диспергирования суспензий является ультразвуковой метод. Однако у данной технологии есть ряд существенных недостатков, прежде всего это энергоемкость процесса, высокая длительность обработки, повышение температуры обрабатываемой среды и др. Ее применение зачастую не удовлетворяет предъявляемым требованиям к обработанным этим способом суспензий и ограничивает области практического применения. Данный обрабатываемый материал в результате комплексного воздействия, прежде всего в результате ударно-динамических процессов, изменяет свои свойства, а имеющейся в ней агломераты наночастиц разрушаются, т.е. происходит процесс ультразвукового диспергирования (УД) наносодержащей суспензий.

На основе результатов теоретических исследований и их экспериментальной проверки было доказано, что размер частиц в составе суспензий после УД зависит от вида наноматериала (графен, углеродные нанотрубки, бемит) и находится в диапазоне 1–0,01 мкм, что в 2–8 раз меньше, чем аналогичный размер частиц, полученный после ультразвуковой обработки.

Литература

1. Чжо Мью Хтет. Разработка метода гидроэрозионного насыщения жидкостей микрочастицами материалов мишеней с использованием ультразвуки / Чжо Мью Хтет [и др.] // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2020. – № 3(720). – С. 3–14.
2. Чжо Мью Хтет. К вопросу эффективности различных методов диспергирования наносодержащих суспензий / Чжо Мью Хтет [и др.] // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2019. – № 11. – С. 2–7.

УДК 628.544

Перспективы использования отходов станции обезжелезивания

Горелая О. Н.

Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Республика Беларусь

Значимым направлением управления водными ресурсами является поиск эффективных и внедрение доступных технологий по вовлечению в хозяйственный оборот однажды использованных ресурсов.

Питьевое водоснабжение Республики Беларусь практически полностью обеспечивается из подземных источников. Особенностью подземных водных ресурсов нашего региона является наличие в воде железа в концентрациях (чаще всего двухвалентное в растворенном виде), превышающих

допустимый уровень, установленный СанПиН на уровне $0,3 \text{ мг/дм}^3$. Как следствие, основным направлением очистки воды от железа является использование станций обезжелезивания в различных вариациях: от упрощенной аэрации до фильтрования на фильтрах с различными загрузками. После очистки воды для хозяйственно-питьевых и производственных целей на станциях очистки образуются значительные объемы осадков очистки промывных вод станций обезжелезивания [1, 2].

При исследовании химического состава отходов промывки фильтров обезжелезивания Гомельского водозабора «Ипуть» установлено, что содержание железа не превышает 55,4 %. При этом в качестве примесных ионов в значительно меньших количествах могут содержаться кремний и алюминий, за счет попадания глинистых частиц и частиц песка в водозаборную скважину из водоносного горизонта, а также ионы кальция и некоторые другие [3–5].

Важным природоохранным направлением является обработка отходов перед их помещением в окружающую среду, так называемые контрольные технологии. Либо в качестве альтернативы можно рассмотреть возможность использования отходов в качестве нового продукта в ином модифицированном виде в хозяйственной деятельности.

В результате анализа литературы выявлено, что информация по ряду направлений использования данных отходов присутствует в нескольких направлениях: преимущественно это производство строительных материалов различного назначения, также производство минеральных удобрений, получение водоземлюльсионной пасты, получение вяжущего и др. Есть ряд исследований, посвященный получению сорбентов и коагулянтов [6–11], например, для очистки водных сред от нефтепродуктов [12; 13]

Шламы водоподготовки используют как без обработки, так и обработанных: методом экструзии, гранулированием в жидкой среде и методом окатывания на тарельчатом грануляторе, таблетирование с добавлением различных связующих жидкостей и т. д.

Из анализа отечественных и зарубежных наработок, было решено продолжить поиск новых эффективных вариантов использования отходов станций водоподготовки. В результате сформировалось предложение использовать отходы станций обезжелезивания для получения сорбционных магнитных материалов [3–5].

Для получения наноразмерных материалов готовились растворы прекурсора железа кислотным выщелачиванием [14; 15]. Для синтеза материалов использовался метод экзотермического горения в растворах. Преимуществами данного метода являются следующие особенности: время подготовительных процедур и синтеза, энергозатраты, масштабируемость – достаточно невелики.

В [3–5] отмечено, что для синтеза использовалось четыре различных восстановителя (глицин, мочеви́на, лимонная кислота и гексаметилентетраамин) при различных температурах синтеза (300–700 °С, шаг 100 °С). Полученные данные свидетельствуют о том, что наилучшие значения получены для образцов, где для синтеза использовалось стехиометрическое количество восстановителя ($f = 1$) в сравнении с результатами для образцов, где количество восстановителя было в 3 раза больше стехиометрического ($f = 3$). То есть установлено, что избыток восстановителя практически не дает более высоких показателей полной статической обменной емкости. Сорбционные свойства полученных материалов было решено оценивать по нефтеемкости по отношению к отработанным маслам. Получаемые магнитные сорбенты обладают хорошей нефтеемкостью – до 7,65 г/г.

По полученным данным можно сделать следующие выводы:

- отходы станций обезжелезивания являются перспективным объектом для переработки, преимущественно за счет высокого содержания железа;
- наличие железа дает возможность получения материалов с высокой удельной поверхностью и обладающих магнитными свойствами;
- полученные материалы из отходов станций обезжелезивания [16–18] обладают хорошими сорбционными свойствами: удельная поверхность (более 150 м²/г – сопоставима с суммарной площадью поверхности пористых адсорбентов); нефтеемкость достигает значения 7,65 г/г; наличие магнитных свойств по сравнению с обыкновенными сорбентами позволит извлекать сорбент из водных сред посредством наведенного магнитного поля, что позволит снизить негативное влияние на гидросферу [19].

Литература

1. Романовский, В. И. Проблемы утилизации отходов водоподготовки и очистки сточных вод в Беларуси / В. И. Романовский, А. А. Федоренчик, А. Д. Гуринович // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2011. – №2(68). – С. 66–69.
2. Клебеко, П. А. Очистка подземных вод от железа с использованием модифицированных антрацитов / П. А. Клебеко, В. И. Романовский // Молодежь в науке – 2016: материалов XIII Междунар. науч. конф. / Национальная академия наук Беларуси Совет молодых ученых, Минск, 2017. – С. 347.
3. Горелая, О. Н. Магнитный сорбент из отходов водоподготовки для очистки нефтесодержащих сточных вод / О. Н. Горелая, В. И. Романовский // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2020. – № 2. С. 61–64.

4. Горелая, О. Н. Влияние дозы гексаметилентетраамина на свойства сорбента для очистки водных сред от нефтепродуктов // Водоснабжение, химия и прикладная экология: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 22 марта, 2021 г.) / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. Е. Ф. Кудиной. – С. 24–26.

5. Горелая, О. Н. Влияние дозы восстановителя на свойства магнитных сорбентов из осадков станций обезжелезивания / О. Н. Горелая, В. И. Романовский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2022. – № 1. – С. 32–37.

6. Пропольский, Д. Э. Эффективность обезжелезивания подземных вод с использованием модифицированных каталитических материалов / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский // Технологія-2019: матеріали XXII Міжнар.наук.-техн. конф., 26–27 квіт. 2019 р., м. Северодонецк: в 2 ч. – Северодонецк: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2019. – Ч. 1 – С. 85–86.

7. Пропольский, Д. Э. Модифицированный активированный уголь для обезжелезивания подземных вод / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский, Е. В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 47–50.

8. Клебеко, П. А. Обезжелезивание подземных вод модифицированным огнеупорным шамотом / П. А. Клебеко, В. И. Романовский // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2021. – №4. – С. 103–111.

9. Клебеко, П. А. Влияние условий синтеза на фазовый состав модифицированного покрытия антрацитов для обезжелезивания подземных вод / П. А. Клебеко, В. И. Романовский // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2020. – № 2. – С. 65–67.

10. Клебеко, П. А. Модифицированные антрациты-эффективные каталитические материалы для обезжелезивания подземных вод / П. А. Клебеко, В. И. Романовский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2020. – № 7, – с. 24–29.

11. Пропольский, Д. Э. Полифункциональный модифицированный уголь для очистки подземных вод / Д. Э.Пропольский, В. И. Романовский // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2020. – № 4. – С. 103–111.

12. Грузинова, В. Л. Математическое описание процесса реагентной очистки сточных вод от нефтепродуктов / В. Л. Грузинова, В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2014. – № 2. – С. 62–65.

13. Романовский, В. И. Оценка экономической эффективности применения промышленных отходов в технологии очистки сточных вод локомотивных депо от нефтепродуктов / В. И. Романовский, В. Л. Грузинова //

Актуальные вопросы экономики строительства и городского хозяйства: материалы II междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 апр., 2013 / Белорусский национальный технический университет; редкол.: С. А. Пелих, В. К. Липский. – Минск, 2014. – С. 307–313.

14. Куличик, Д. М. Кислотное выщелачивание железа из железосодержащих осадков станций обезжелезивания / Д. М. Куличик, В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 52–54.

15. Осинин М. С. Кислотное выщелачивание железа из осадков коагуляции природных вод / М. С. Осинин, В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий, Е. В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 50–52.

16. Romanovski, V. I. Purification of washing waters of iron removal stations. Proceedings of BSTU / V. I. Romanovski, N. A. Andreeva // Chemistry and technology of inorganic substances. – 2012. – № 3. – С. 62–65.

17. Yushchenko, V. Development of a new design of deironing granulated filter for joint removal of iron and ammonium nitrogen from underground water / V. Yushchenko, E. Velyugo, V. Romanovski // Environmental Technology. – 2023. – С. 1–8.

18. Yushchenko V., Velyugo E., Romanovski V. Influence of ammonium nitrogen on the treatment efficiency of underground water at iron removal stations / V. Yushchenko, E. Velyugo, V. Romanovski // Groundwater for Sustainable Development. – 2023. – Т. 22. – С. 100943.

19. Gurgendize D., Romanovski V. The Pharmaceutical Pollution of Water Resources Using the Example of the Kura River (Tbilisi, Georgia) / D. Gurgendize, V. Romanovski // Water. – 2023. – Т. 15. – № 14. – С. 2574.

УДК 504.062

Формирование водного баланса предприятия по производству сыров при использовании различных технологий переработки молочной сыворотки

Захарко П. Н.¹, Дубенок С. А.²

¹РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов»,

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В процессе производства сыров образуется побочный продукт – молочная сыворотка, использование которой без соответствующей переработки затруднено. При переработке сыворотки в результате ее