

остаточное содержание железа составляло менее 0,01 мг/л, а алюминия – 0,03 мг/л при pH 8,08, что даже превышает показатели товарных реагентов.

Проведенное исследование показало, что отходы водоподготовки могут быть эффективно использованы для получения коагулянтов путем выщелачивания железа и алюминия с помощью соляной и серной кислот. Максимальная эффективность выщелачивания достигается при концентрации кислоты 5–25 % и времени обработки 30 минут.

Список литературы

- 1 **Романовский, В. И.** Сравнительный анализ методов очистки сточных вод от красителей / В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий, М. В. Пилипенко // *Вода Magazine*. – 2016. – № 12 (112). – С. 54–58.
- 2 **Пилипенко, М. В.** Железо-лантан-содержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / М. В. Пилипенко, И. Ю. Козловская, В. И. Романовский // *Вестник БрГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*. – 2022. – № 1 (127). – С. 42–44.
- 3 **Петров, О. А.** Применение суперкавитирующих аппаратов для обработки отходов в жидких средах / О. А. Петров, В. И. Романовский // *Вестник БрГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*. – 2015. – № 2 (92). – С. 82–84.
- 4 **Романовский, В. И.** Материалы для очистки сточных вод на основе отработанных синтетических ионитов / В. И. Романовский, В. Н. Марцуль // *Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии : материалы докл. междунар. науч.-техн. конф. БГТУ, Минск, 19–20 ноября 2008 г. / Белорус. гос. техн. ун-т; редкол. : И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2008. – С. 141–142.*
- 5 **Петров, О. А.** Применение суперкавитирующих аппаратов для обработки ионитов / О. А. Петров, В. И. Романовский // *Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов : материалы докл. междунар. науч.-техн. конф. БГТУ, Минск, 25–27 ноября 2009 г. / Белорус. гос. техн. ун-т; редкол. : И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2009. – С. 123–126.*
- 6 **Моняк, Т. М.** Анализ перспектив использования отходов гальванических производств / Т. М. Моняк, Л. В. Кульбицкая, В. И. Романовский // *Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки*. – 2020. – № 16. – С. 96–102.
- 7 **Романовский, В. И.** Проблемы утилизации отходов водоподготовки и очистки сточных вод в Беларуси / В. И. Романовский, А. А. Федоренчик, А. Д. Гуринович // *Вестник БрГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*. – 2011. – № 2 (68). – С. 66–69.
- 8 **Куличик, Д. М.** Кислотное выщелачивание железа из железосодержащих осадков станций обезжелезивания / Д. М. Куличик, В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий // *Вестник БрГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*. – 2019. – № 2. – С. 52–54.
- 9 **Элементный состав и фазовый состав гальванических шламов, осадков очистных сооружений машиностроительных и приборостроительных предприятий Республики Беларусь / В. Н. Марцуль [и др.] // *Природные ресурсы*. – 2013. – № 1. – С. 113–118.**
- 10 **Кислотное выщелачивание железа из осадков коагуляции природных вод / М. С. Осинин [и др.] // *Вестник БрГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*. – 2019. – № 2. – С. 50–52.**

УДК 628.196

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ КРАСИТЕЛЕЙ

М. В. ПИЛИПЕНКО

РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь

Сложность очистки окрашенных сточных вод красильно-отделочных производств связана с тем, что органические загрязнения (красители, ПАВ и др.) являются биохимически стойкими соединениями и находятся в стоках главным образом в растворенном состоянии. Для обесцвечивания красителей и минерализации других органических загрязнений требуется глубокая деструкция их молекул, так как они имеют достаточно высокую молекулярную массу [1–5]. После предварительной очистки на локальных очистных сооружениях практически никогда не достигаются нормы сброса по ХПК, для чего сточные воды часто разбавляют чистой водой.

Анализируя используемые на практике и в исследовательских целях методы очистки сточных вод, их можно разделить на три группы. В соответствии с существующими публикациями распределение методов очистки сточных вод красильно-отделочных производств выглядит следующим образом (рисунок 1).

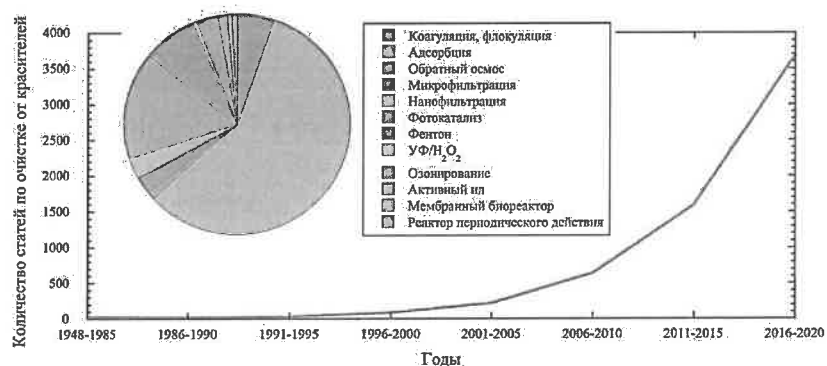


Рисунок 1 – Динамика публикаций по очистке сточных вод от красителей и анализ методов

Как видно из анализа публикационной активности (см. рисунок 1), наиболее распространенным методом в публикациях является адсорбция (57,7 %). Среди адсорбционных методов наибольшее распространение получили исследования сорбции красителей на активированном угле (23,9 %), нанокompозитах (15,1 %), полимерных материалах (25 %) (рисунок 2). Для сорбции органических веществ, включая красители, широко используют различные угли. Часто угли дополнительно активируют для увеличения удельной поверхности и формирования функциональных групп на их поверхности для увеличения эффективности процесса сорбции. В качестве сорбционных материалов интересно использование магнитных материалов. Показано, что такие материалы имеют большое число активных центров на поверхности, что значительно улучшает сорбционные свойства, позволяют легче сепарировать их из очищенных сред магнитным полем. Процесс сорбции красителей происходит за счет электростатического взаимодействия, π - π взаимодействия, сил Ван-Дер-Ваальса, водородной связи, кислотно-щелочных реакций, гидрофобного взаимодействия, ионного обмена. Критическими факторами, влияющими на сорбцию являются начальная концентрация красителя, pH, температура, доза адсорбента, время.



Рисунок 2 – Структура сорбционных методов очистки

В качестве перспективных на сегодняшний день направлений совершенствования технологий очистки сточных вод от красителей могут рассматриваться следующие: 1) отдельное отведение и очистка/доочистка отдельных потоков сточных вод на локальных очистных сооружениях; 2) сорбция как самый распространенный в изучении в научной литературе с акцентом на возможности использования отходов в качестве сорбционных материалов; 3) использование перспективных методов окисления с использованием фотокатализаторов. Отдельный интерес представляет использование отходов как источника металлов для них [6–10].

Список литературы

1 Романовский, В. И. Сравнительный анализ методов очистки сточных вод от красителей / В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий, М. В. Пилипенко // Вода Magazine. – 2016. – № 12 (112). – С. 54–58.
 2 Пилипенко, М. В. Железо-лантан-содержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / М. В. Пилипенко, И. Ю. Козловская, В. И. Романовский // Вестник БрГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2022. – № 1 (127). – С. 42–44.

3 **Петров, О. А.** Применение суперкавитирующих аппаратов для обработки отходов в жидких средах / О. А. Петров, В. И. Романовский // Вестник БрГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2015. – № 2 (92). – С. 82–84.

4 **Романовский, В. И.** Материалы для очистки сточных вод на основе отработанных синтетических ионитов / В. И. Романовский, В. Н. Марцуль // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии : материалы докл. междунар. науч.-техн. конф. БГТУ, Минск, 19–20 ноября 2008 г. / Белорус. гос. техн. ун-т; редкол. : И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2008. – С. 141–142.

5 **Петров, О. А.** Применение суперкавитирующих аппаратов для обработки ионитов / О. А. Петров, В. И. Романовский // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов : материалы докл. междунар. науч.-техн. конф. БГТУ, Минск, 25–27 ноября 2009 г. / Белорус. гос. техн. ун-т; редкол. : И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2009. – С. 123–126.

6 **Моняк, Т. М.** Анализ перспектив использования отходов гальванических производств / Т. М. Моняк, Л. В. Кулибичкая, В. И. Романовский // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2020. – № 16. – С. 96–102.

7 **Романовский, В. И.** Проблемы утилизации отходов водоподготовки и очистки сточных вод в Беларуси / В. И. Романовский, А. А. Федоренчик, А. Д. Гуринович // Вестник БрГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2011. – № 2 (68). – С. 66–69.

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

9 Элементный состав и фазовый состав гальванических шламов, осадков очистных сооружений машиностроительных и приборостроительных предприятий Республики Беларусь / В. Н. Марцуль [и др.] // Природные ресурсы. – 2013. – № 1. – С. 113–118.

10 Кислотное выщелачивание железа из осадков коагуляции природных вод / М. С. Осинин [и др.] // Вестник БрГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 50–52.

УДК 628.196

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Д. Э. ПРОПОЛЬСКИЙ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

А. В. ПАПКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Наличие в подземных водах повышенной концентрации железа Fe (II) и марганца Mn (II) является наиболее распространённой проблемой водоподготовки всех бассейнов рек Республики Беларусь [1]. Причиной повышенной концентрации Fe и Mn может являться растворение минералов и железо-, марганецсодержащих пород в результате фильтрации осадков в условиях подземных вод. Кроме того, износ автомобильных деталей в результате коррозии, применение различных технических жидкостей может стать причиной загрязнения почвы данными металлами. Для питьевой воды предельно-допустимая концентрация Fe (II) составляет 0,3 мг/л, для Mn (II) – 0,1 мг/л [2].

Важным фактором выбора метода обезжелезивания и деманганации будут являться особенности каждого отдельного взятого источника водоснабжения. К традиционным методам удаления железа и марганца относятся аэрация с последующей фильтрацией [3–6], метод «сухой» фильтрации, использование коагулянтов, электрокоагуляция, напорная флотация, добавление окислителей, таких как хлор, гипохлорит натрия, перманганат калия (KMnO₄), озонирование, а также подщелачивание воды с помощью извести, окисление на основе каталитической загрузки. Реже применяются методы, такие как ионообменный метод, обезжелезивание в пласте («Vyredox») [7], мембранная и биологическая фильтрация. Нетрадиционные методы позволяют очищать подземные воды от нескольких загрязняющих веществ одновременно. Возможными недостатками и ограничениями данных методов можно выделить низкие допустимые исходные концентрации железа и марганца, присутствие в воде железо- и марганцевых бактерий, сложности в эксплуатации и высокие эксплуатационные расходы. Также при использовании реагентов возникает необходимость хранения и регулярного контроля его дозы, а также использования образованных осадков.