

А.К. Клинцева, студ. (ФГБОУ ВО «КПФУ» г. Казань, Россия);
Т.Ю. Гумеров, проф. (ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань, Россия)

ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Загрязнение воды, изменение климата, эрозия почвы, опасные отходы, истощение ресурсов и утрата биоразнообразия – глобальные проблемы экологии на протяжении многих лет. Эти экологические проблемы представляют серьезную угрозу для качества жизни человека и устойчивости экосистем, и поэтому защита природной среды стала важной задачей для отдельных лиц и организаций. Экологи добились больших успехов в развитии науки, теорий и методов восстановления окружающей среды. Будучи вовлеченной междисциплинарной областью, инженерия окружающей среды охватывает широкие научные дисциплины, такие как химия, биология, физика, математика и экономика для разработки практических решений по обработке и контролю природных и антропогенных загрязнителей во всех матрицах окружающей среды, тем самым поддерживая здоровье всех живых существ и улучшая качество окружающей среды.

Прорывы в управлении сточными водами, контроле загрязнения воздуха, восстановлении почв и утилизации отходов ознаменовали собой повышение уровня жизни человечества. Например, технология анаэробного окисления аммония вводит инновации в прямое окисление аммиака до газообразного азота (N_2) без образования токсичной закиси азота (N_2O , своего рода парникового газа), который в значительной степени регулирует азотный круговорот в процессе очистки сточных вод.

Углекислый газ (CO_2), составляющий основную часть парниковых газов, был признан основной причиной изменения климата. Для управления высокими выбросами углерода в атмосферу важную роль в достижении цели углеродной нейтральности играет технология улавливания, утилизации и хранения углерода, которая включает в себя улавливание CO_2 из антропогенных источников и распределение его по различным процессам утилизации или хранения. Почвы, загрязненные тяжелыми металлами, привлекают внимание мировой общественности из-за растущей обеспокоенности по поводу безопасности подземных вод и сельскохозяйственной продукции. Фиторемедиация привлекает все большее внимание благодаря своей экономичности, экологичности и хорошей эффективности. В настоящее время около 500 видов растений иденти-

фицированы как гипераккумуляторы металлов и используются для восстановления почв. Кроме того, контролируемый пиролиз пластиковых отходов с образованием функциональных материалов на основе углерода с добавленной стоимостью может не только помочь в управлении опасными твердыми отходами, но и снизить затраты на производство новых материалов. Замкнутый цикл повторного использования твердых отходов ускоряет циркуляцию веществ и одновременно ограничивает негативное воздействие твердых отходов на окружающую среду.

Достижения, основанные на различных практических методах борьбы с загрязнением, помогают смягчить насущные экологические проблемы, но нынешнее состояние все еще далеко от удовлетворительного.

Экологическая инженерия представляет собой одну из наиболее важных областей для устойчивого человеческого общества. Успех в области экологической инженерии требует совместных усилий в области методологии снижения загрязнения, нанотехнологий, инженерного проектирования и т.д.

Точная идентификация загрязняющих веществ в окружающей среде является необходимым условием для определения уровня загрязнения и анализа эффективности и механизма процесса деградации. В настоящее время проблематично обнаружить новые загрязнители в различных экологических матрицах с широким диапазоном концентраций, особенно новые загрязнители (например, микро(нано)пластик, вирусы, фармацевтические препараты, бактерии, пестициды, наноматериалы, ПАВ, промышленные добавки, перфторированные соединения) и их производные. Загрязняющие вещества со схожими физико-химическими свойствами (например, плотностью, формой, химической структурой, молекулярной массой) обычно встречаются в окружающей среде, что затрудняет их идентификацию по отдельности. Поэтому разработка передовых аналитических методов и установок с высокой чувствительностью и селективностью для получения точной идентификации, подтверждения и количественной оценки различных известных и неизвестных загрязнителей является весьма востребованной.

Экономичные и безопасные функциональные материалы для борьбы с загрязнением. Для большинства процессов разложения загрязняющих веществ требуются функциональные материалы или химические вещества. Например, при очистке сточных вод абсорбенты обычно используются для извлечения органических и неорганических загрязните-

лей, катализаторы необходимы в фото-, электро- и термokatализе, процессах глубокого окисления и продвинутых восстановительных процессах, а флокулянты используются в процессе флокуляции. Применение этих функциональных материалов играет решающую роль в повышении эффективности очистки. Многие материалы изготавливаются с помощью сложных процессов и высоких затрат, что значительно ограничивает их широкомасштабное применение. С этой целью разработка экономически эффективных функциональных материалов из распространенных на земле отходов с использованием простых методов является неотложной для устойчивого контроля загрязнения.

Глубокое понимание механизмов деградации загрязнителей остается большой проблемой, особенно в сложных экологических системах. Для процессов восстановления рекомендуется раскрыть механизм деградации на атомном и молекулярном уровнях с использованием современных экспериментальных и вычислительных инструментов. Методы *in situ* (для создания соединений непосредственно в реакционной среде без выделения промежуточных соединений) жизненно важны для изучения чувствительных к окружающей среде процессов, таких как термokatализ и электрокатализ, которые могут предоставить значимую информацию о промежуточных продуктах реакции и, таким образом, улучшить понимание путей реакции.

Интегрированные технологии. Как правило, трудно обрабатывать несколько загрязнителей с помощью одного метода из-за различий в свойствах загрязнителей, таких как вид, плотность, концентрация, токсичность и химическая стойкость. Соответственно, решение большинства реальных экологических проблем обуславливает необходимость разработки комплексных технологий. Используя преимущества различных методов, интегрированные стратегии можно повысить эффективность восстановления. На сегодняшний день для восстановления окружающей среды успешно реализовано сопряжение электрохимических, физических, биологических и других процессов. Будущая оптимизация интегрированных технологий должна учитывать эффективность и стоимость, а также воздействие на окружающую среду.

С быстрым развитием вычислительных технологий методы искусственного интеллекта, такие как искусственные нейронные сети, адаптивные нейронечеткие системы и нечеткая логика, становятся мощными инструментами в управлении сложными системами окружающей среды. Прогностические модели на основе искусственного интеллекта успешно

используются для восстановления сточных вод, загрязнения воздуха, защиты почв и управления твердыми отходами

Область инженерии окружающей среды играет важную роль в поддержании развития природной экосистемы. Существует растущий спрос на прогресс в передовых теориях, методах, материалах, технике и средствах для решения современных экологических проблем. Такое направление исследований положительно стимулирует развитие экологической инженерии для здорового и устойчивого общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bing-Jie Ni. Grand challenges in environmental engineering // Frontiers in Environmental Engineering. 2022. URL: <http://www.frontiersin.org/journals/environmental-engineering/articles/10.3389/fenv.2022.1052154/full> (дата обращения: 19.01.2025).
2. Овезмырадова Г., Ахмедова Г., Маммедова Ш., Аннаева Г. Современные методы биотехнологии // Академическая публицистика. 2024. № 10-1. С. 20-24.
3. Заславский М. М. Разработка системы экологического мониторинга на базе технологий пространственной разметки и машинного зрения // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2023. Т. 26, № 4. С. 56-69.

УДК 628.316.12

А. Ю. Курбатов, доц., канд. техн. наук;
П. Ю. Перевощикова, студ.
(РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва, Россия)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕСТРУКЦИИ ДВУХАТОМНОГО ФЕНОЛА

В последнее десятилетие природоохранные мероприятия носят всё более масштабный характер. Окружающая среда, в частности, водные объекты, расположенные вблизи крупных промышленных зон, сегодня находятся под постоянным и тщательным контролем специалистов. Несмотря на предпринимаемые меры, поверхностные и подземные воды продолжают загрязняться ввиду активной хозяйственной деятельности человека [1].