

## Радиационные методы очистки сточных вод

О.А.Топоркова, В.Г.Пинькас, И.Н.Кувичка, А.А.Заливная

ГЗ «Луганский государственный медицинский университет»  
Луганск, Украина

В статье освещены методы очистки сточных вод радиационным способом, рассмотрены примеры использования ионизирующих излучений в очистке стоков, содержащих ядовитые вещества, красители с указанием дозы облучения. Указана возможность применения осадков сточных вод в промышленности и сельском хозяйстве.

**Ключевые слова:** сточные воды, очистка, облучение.

### ВВЕДЕНИЕ

Охрана окружающей среды является одним из чрезвычайно важных и трудных вопросов. Чем выше экономическое развитие страны, тем острее стоит вопрос о защите окружающей среды от загрязнения. Одной из важнейших проблем охраны окружающей среды является проблема сохранения чистой воды. Знаменитый французский писатель Антуан де Сент Экзюпери посвятил воде такие строки: «Вода! У тебя нет ни вкуса, ни цвета, ни запаха, тебя не опишешь, тобой наслаждаются, не понимая, что ты такое. Ты просто необходима для жизни, ты и есть жизнь. Ты величайшее в мире богатство».

Именно благодаря такому важному значению воды водопотребление во всем мире с каждым годом возрастает все интенсивнее. Одной из мер, направленных на сохранение чистой воды, является интенсификация очистки промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Вопросы очистки сточных вод в промышленных масштабах разрабатываются давно, однако вследствие некоторых особенностей эта область техники оказалась неподготов-

ленной к обработке увеличивающегося с каждым годом объема стоков. Одним из эффективных решений этого вопроса является создание бессточных технологий и разработка систем замкнутого оборотного водоснабжения, которые ликвидируют или сводят к минимуму сброс отработанной воды в водоемы. Необходимым этапом этих работ является усовершенствование уже известных способов очистки (таких как биологическая, сорбционная и др.), создание принципиально новых методов очистки сточных вод и использование уносимых ими твердых веществ — осадков. В качестве такого нового технического решения рассматривается радиационная обработка сточных вод и их осадков. Для этого имеются следующие основания: радиационная обработка пока представляет собой единственную возможность резкого увеличения пропускной способности очистных сооружений без значительного увеличения производственных площадей и объемов соответствующего оборудования.

Цель исследования — рассмотреть радиационные методы очистки сточных вод.

Развитие атомной промышленности и электронной техники сделало источники излучения доступными в промышленном масштабе. Источниками гамма-излучения могут служить радиоизотопы кобальта и цезия, реакторные контуры и смеси продуктов деления, представляющие собой отходы производства атомной промышленности. Источниками, генерирующими пучки электронов высокой энергии, служат ускорители электронов, особенно перспективные для широкого использования. Все виды излучений от этих источников получили название ионизирующих, так как, взаимодействуя с веществами, они вызывают ионизацию и активацию молекул или атомов вещества. Вследствие этого в веществах происходят химические превращения, изучением которых занимается радиационная химия. Ионизирующие излучения, действуя на воду, вызывают ее разложение, то есть процесс радиолитического разложения.

Выходы радикальных и молекулярных продуктов радиолитической воды зависят от интенсивности поглощения энергии облучаемой средой. Мерой интенсивности поглощения энергии служит величина, называемая линейной передачей энергии. Она равна уменьшению энергии быстро движущихся электронов, возникающих при действии ионизирующего излучения на воду, на единицу длины их пробега.

Активные продукты радиолитической — короткоживущие окислительно-восстановительные частицы, реагируя с растворенными или взвешенными в воде веществами, инициируют химические превращения или нарушают жизненно важные биохимические процессы в клетках бактериальных загрязнений. Можно назвать следующие процессы, которые могут быть использованы для очистки воды радиационным способом: радиационное окисление растворенного загрязняющего вещества, радиационная полимеризация и сополимеризация или какой-нибудь процесс, приводящий к переводу загрязненного вещества в осадок; радиационная коагуляция веществ, радиационные превращения, переводящие биологически неразлагающиеся вещества в новые формы, доступные для биологического разрушения, радиационная дезинфекция и дегильметизация.

Радиационное действие на сточные воды весьма разнообразное, причем в одной стадии облучения может реализоваться ряд очень благоприятных для очистки процессов. Энергия излучения, используемая для очистки воды в сточных водах, ниже порога ядерных реакций, поэтому очищенная таким образом вода не имеет никакой наведенной радиоактивности.

Наиболее подходящими источниками для промышленного использования признаны радиоактивные изотопы кобальта и цезия, которые испускают  $\gamma$ -излучение, ускорители электронов, генерирующие электронное излучение высокой энергии. Стоимость энергии ускоренных электронов значительно ниже стоимости энергии излучения радиоактивных изотопов (приблизительно, по данным швейцарской фирмы, в 5 раз).

Радиоактивный изотоп кобальта производится путем облучения кобальта в ядерном реакторе. Но радиоактивные изотопы не могут быть основным источником облучения. Будущее радиационной очистки стоков принадлежит ускоренным электронам, генерация которых с помощью современных ускорителей ничем не ограничена.

Однако наряду с этим преимуществом нельзя не отметить, что ускоренные электроны по

проникающей способности сильно уступают  $\gamma$ -лучам радиоактивных изотопов. Для полного обезвреживания и обеззараживания стоков необходимо равномерное распределение поглощенной энергии по всей массе облучаемого материала. При  $\gamma$ -облучении такое равномерное распределение будет реализоваться в слое воды толщиной 25-30 см, тогда как та же доза облучения ускоренными электронами поглотится верхним слоем воды толщиной в несколько миллиметров. Это создает некоторые технологические трудности, так как требует создания условий тонкослойного облучения жидкости.

Рассмотрим ряд конкретных примеров использования ионизирующих излучений в очистке стоков. Эффективной дозой облучения при радиационной очистке сточных вод, образующихся в процессе создания металлических покрытий, от очень ядовитых веществ — цианидов, которые содержатся в сточных водах в широком интервале концентрации от 2 г/л до 60 г/л, является доза от  $10^6$  до  $10^9$  рад.

Разработан радиационный способ очистки стоков от тиофоса, фенилацетата и метилхлорида ртути — сильнейших ядов. Первые два используют в сельском хозяйстве для борьбы с насекомыми. В зависимости от исходной концентрации этих ядов от 0,1 мг/л до 1000 мг/л требуются дозы облучения  $10^4$ - $10^7$  рад. При этом в воде после этого не образуются вредные вещества, производится радиационная очистка сточных вод и от ионов железа.

С помощью облучения можно очищать сточные воды, содержащие красители, но дозы, требуемые для того, довольно высоки и составляют 1-2 Мрад. Для снижения дозы облучения используют сочетание проникающей радиации и добавок окислителей (хлор, кислород, гидрохлорид).

Интересную возможность предоставляет метод радиационной обработки в комбинации с флотацией.

Следующий способ — облучение сточных вод, содержащих поверхностно активные вещества, предварительно подвергнутые флотации. Облучение производится ускорителем электронов с энергией электронов 4-5 МэВ. Степень очистки достигает 99%. Этим способом можно очищать сточные воды производства антибиотиков.

Радиационную очистку сточных вод можно проводить в комбинации с адсорбционным методом. При облучении  $\gamma$ -лучами органические загрязнения, адсорбированные на активированном угле, окисляются в основном до уг-

лекислого газа и воды. Практически при этом происходит радиационная регенерация активированного угля. Рекомендованная доза облучения 1 Мрад.

Существует радиационный метод очистки природных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Этот метод облучения природной воды дозой 0,1 Мрад позволяет устранить цветность, привкус, запахи и обеззаразить воду. Установка состоит из микрофильтров (для удаления взвешенных частиц) и облучателей.

Для интенсификации процесса радиационной очистки необходимо повысить радиационный выход разрушения загрязняющих веществ. Одним из путей, которые приводят к цели, является осаждение растворимых органических загрязнений с осадком, образующимся при радиационной полимеризации присутствующего в стоках или предварительно вводимого в них полимера.

Так как процесс полимеризации обычно цепной, то дозы, необходимые для радиационной обработки по этому методу, будут более низкими, чем при прямом радиолизе воды. Полимеризационный метод может быть особенно перспективным для очистки сточных вод производства полимеров. На этом принципе разработан метод очистки сточных вод, загрязненных винилацетатом. Загрязненное вещество при этом превращается в ценный для народного хозяйства продукт — поливинилацетат.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Широкое применение радиационного метода для охраны окружающей среды повлечет за собою серийное производство ускорителей электронов и изотопных источников облуче-

ния. Имеется реальная возможность для существенного усовершенствования и удешевления производства радиоактивных изотопов кобальта — 60, стронция — 137. Возможно также использовать для облучения сточных вод реакторы атомных электростанций. Осадки сточных вод могут находить широкое применение в сельском хозяйстве и других отраслях промышленности. Например, они могут служить наполнителями в промышленности строительных материалов и в дорожном строительстве, также перспективной представляется сухая перегонка.

**О.А.Топоркова, В.Г.Пінькас, І.М.Кувічка, А.А.Заливна. Радіаційні методи очищення стічних вод. Луганськ, Україна.**

**Ключові слова:** стічні води, очищення, опромінювання.

*У статті висвітлені методи очищення стічних вод радіаційним способом, розглянуті приклади використання іонізуючого випромінювання для очищення стоків, які вміщують яди та барвники з наведенням доз випромінювання. Вказано на можливість використання осаду стічних вод у промисловості та сільському господарстві.*

**O.A.Toporkova, I.N.Kuvichka, V.G.Pinkas, A.A.Zalivnaya. Radiation methods treatment of wastewater. Lugansk, Ukraine.**

**Key words:** wastewater treatment, irradiation.

*This article presents a method of wastewater treatment radiation method, the examples of the use of ionizing radiation in the treatment effluents containing toxic substances, dyes, indicating the radiation dose. We indicated the possibility of using sewage sludge in industry and agriculture.*

*Надійшла до редакції 13.07.2012 р.*