

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Кафедра экологии, природопользования и экологической инженерии  
Верхне-Обское бассейновое водное управление  
Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области  
ОГБУ «Облкомприрода»

# **ЭКОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ**

**Стратегия использования природного капитала  
в интересах устойчивого развития Арктики  
и регионов**

*Сборник научных трудов*

Выпуск 2

Издательство  
Литературное  
бюю

Томск – 2018

дикатор – доля использованных и обезвреженных отходов. Неопределенную динамику имеют два индикатора: использование расчетной лесосеки; площадь ООПТ.

В Краснодарском крае позитивную динамику имеют четыре индикатора (количество переработанных отходов производства и потребления; интенсивность выбросов и интенсивность образования отходов на единицу ВРП; индекс состояния окружающей среды; увеличение потока отдыхающих, в % к предыдущему году). Два индикатора имеют негативную динамику (площадь особо охраняемых природных территорий и рекультивация нарушенных земель). Неопределенную динамику имеют пять индикаторов (доля использованных и обезвреженных отходов; инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов; сброс

загрязненных сточных вод; использование расчетной лесосеки; объем лесовосстановительных работ). В результате Республика Крым, имеющая большее количество индикаторов с позитивной динамикой, развивается более устойчиво.

Для более успешного решения проблемы устойчивого развития в регионах должна быть разработана система индикаторов, часть которых необходимо включить в программы их социально-экономического развития.

#### Список литературы

1. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение. М.: ЦЭПР, 2007. 60 с.
2. Лаптев Н.И. Разработка индикаторов устойчивого развития Томской области // Бюллетень «На пути к устойчивому развитию России». 2004. Вып. 29. С. 47–49.

## Ультрафиолетовые технологии для решения природоохранных задач

**Соколова И.В.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

**Вершинин Н.О.**

*Открытое акционерное общество «ТомскНИПИнефть», Россия, г. Томск*

**Скобцова К.А.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

В статье рассматривается применение современных ультрафиолетовых технологий для решения природоохранных задач. Приводятся характерные особенности и преимущества таких технологий.

*Ключевые слова:* ультрафиолетовое излучение, источники излучения, комбинированные окислительные процессы, эксилампы, фотореакторы.

Научно-техническое осознание того факта, что ультрафиолетовое (УФ) излучение (когда энергия кванта света сопоставима с энергией химической связи) является собой уникальный инструмент для инициирования либо проведения многих физико-химических процессов на поверхности и в объеме различных сред, появилось лишь в 1970–1990-е гг. [4]. В это время, с одной стороны, обозначился спектр задач в химии, биологии, медицине, материаловедении, экологии и т.д., где химические методы оказались бессильны, либо дороги, либо неэкологичны, с другой стороны, стала понятна природа многих химических, физических и биологических процессов на атомно-молекулярном уровне. «Мотором» развития УФ-технологий в последние 20 лет явилась задача обработки и обеззараживания природных и сточных вод. Именно масштаб этой задачи привел к подъему на новый качественный уровень разработок и производства УФ-источников излучения. Фактически были созданы новые типы источников, которые обеспечили и новые возможности применения УФ-технологий в других областях.

Актуальность обработки воды нехимическими методами возникла в конце 1980-х – начале 1990-х гг., когда был выявлен тотальный вред, наносимый человеку и природе хлором и его производными при традиционном

хлорировании природных и сточных вод. Недостатки хлорирования – реагентного метода обеззараживания воды – инициировали использование физических методов очистки и обеззараживания воды. В настоящее время развиваются и широко используются два физических метода – это УФ-облучение и мембранные технологии. Они часто комбинируются с химическими технологиями и друг с другом в задачах очистки природных, сточных и промышленных вод. УФ-технологии динамично развиваются в последние годы. Так, ежегодные затраты на УФ-технологии на рынке США, начиная с 2011 г., стремительно обгоняют расходы на технологию озонирования. Поскольку обработка кубометра воды озоном в несколько раз дороже, чем УФ-излучением, то при одинаковых финансовых затратах объемы воды, обрабатываемой УФ, в несколько раз превосходят объемы воды, обрабатываемой озоном.

В последние годы началось применение УФ-излучения при обеззараживании и очистке воздуха. Глобальные миграции населения по всей планете с их концентрацией в урбанизированном пространстве кардинально обострили ситуацию с распространением инфекционных заболеваний, передающихся воздушно-капельным путем. Промышленные и автомобильные выбросы приводят к увеличению загрязнения воздуха экотоксикантами.

Современный человек все больше времени проводит в замкнутом пространстве: дома, на работе, в школе, транспорте. Появились современные экологичные и компактные УФ-системы обеззараживания и очистки воздуха практически любой производительности. Метод УФ-обработки имеет ряд преимуществ: высокая эффективность обеззараживания в отношении широкого спектра микроорганизмов, в том числе устойчивых к хлорсодержащим соединениям; отсутствие влияния на физико-химические и органолептические свойства воздуха; не образуются побочные продукты; высокая скорость обеззараживания (практически любая, в зависимости от УФ-мощности применяемого аппарата); компактность УФ-оборудования [1] и простота его эксплуатации.

Ультрафиолетовое излучение можно применять не только для обеззараживания воды и воздуха, т. е. для удаления патогенных микроорганизмов, но и использовать для разложения сложных органических соединений. Данный метод можно применять как самостоятельно, так и в комбинации с другими технологиями. Среди комплексных методов наиболее перспективны технологии на основе комбинированных окислительных процессов, или Advanced Oxidation Processes (AOP) [6]. Методы AOP заключаются в жидкофазном цепном окислении органических соединений генерированными высоко-реакционными активными формами кислорода (АФК), в первую очередь, гидроксильными радикалами (ОН•). Такие методы очистки сред являются экологически чистыми, так как при их использовании достигается полная минерализация трудноокисляемых примесей без образования вторичных загрязнителей. Общей чертой этих методов, в которых задействовано УФ-излучение, является наработка гидроксильных радикалов ОН• и радикалов атомарного кислорода О•. Эти радикалы имеют окислительный потенциал выше, чем у хлора и озона, чем и объясняется повышенная окислительная способность данных методов. Универсальность методов AOP обусловлена тем фактом, что возможны различные способы получения радикалов ОН•. Поскольку гидроксильные радикалы являются химически активными и нестабильными, они должны постоянно производиться посредством фотохимических (что предпочтительнее) или химических реакций.

В последнее время все больше внимания уделяется эксилампам в качестве источников света. Эксилампы как источники спонтанного излучения являются сравнительно молодым семейством источников света. Они оказались достаточно недорогими источниками излучения (цена эксилампы, по крайней мере, на порядок меньше цены соответствующим им по длинам волн лазеров). Значительных успехов в исследовании и разработке эксиламп достигли ученые Института силовой точной электроники СО РАН (г. Томск) [5]. Длины волн излучения некоторых эксиламп приведены в таблице.

Т а б л и ц а

Длины волн излучения некоторых эксиламп

Эксимер	Длина волны, нм	Эксимер	Длина волны, нм
Хе <sub>2</sub> *	172	Сl <sub>2</sub> *	259
АrF*	193	ХеВr*	283
КrСl*	222	ХеСl*	308
КrF*	248	l <sub>2</sub> *	342

Физическими и техническими предпосылками для фотохимических применений являются следующие свойства эксиламп:

- узкополосный спектр излучения (за исключением многополосных эксиламп);
- высокая энергетическая светимость в областях длин волн, где отсутствуют эффективные источники излучения других типов;
- отсутствие ртути в составе газовой смеси, что лучше соответствует экологическим стандартам (исключая эксилампы на галогенидах ртути HgX\*);
- широкие возможности в конструктивном исполнении, так как эксилампы обладают определенной геометрической гибкостью, обеспечивая возможность облучения различных объектов и сред;
- энергии фотонов 3–10,5 эВ, достаточные для применения практически во всех известных фотопроцессах, в которых необходимо УФ- или вакуумное УФ-излучение;
- значительный полезный срок службы (1 000–10 000 ч).

Каждый год синтезируются тысячи различных органических веществ для дальнейшего использования в качестве инсектицидов, гербицидов, детергентов, изолирующих материалов и для многих других целей. Они сохраняются в окружающей среде длительное время, и если попадают в атмосферу или водные источники, могут приводить к серьезным экологическим проблемам [3]. Эти вещества могут переноситься с ветром и водой, многие из них могут оказывать воздействие на людей и представителей дикой природы далеко от места использования. Молекулы многих из этих веществ очень устойчивы, сохраняются неизменными в природе в течение длительного времени. В условиях все возрастающей антропогенной нагрузки на окружающую среду необходимы исследования процессов деградации экотоксикантов. 2,4-Дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д) является хлорированным гербицидом, широко используемым для контроля за широколиственным сорняком, главным образом в хлебных злаках, травах, растениях, табаке и хлопке [2]. Нами проведено сравнение эффективности деградации 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты при использовании фотолиза в стационарных условиях на основе эксиламп с различными длинами волн излучения: КrСl (222 нм), ХеВr (283 нм). Установлено, что под воздействием излучения КrСl эксилампы, деградация 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты, а также процессы образования промежуточных продуктов – хиноновых структур и хлорид-иона – более интенсивно протекают при облучении КrСl эксилампой, чем при действии ХеВr эксилампы. Степень минерализации увеличивалась более интенсивно также в случае излучения КrСl эксилампы. Также проведено сравнение эффективности деградации 2,4-Д при использовании проточного фотореактора на основе эксиламп с различными длинами волн излучения: КrСl (222 нм), Хе<sub>2</sub> (172 нм). Излучение Хе<sub>2</sub> эксилампы позволяет в течение 40 мин провести разложение исходной 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты, однако применение данного излучения сопряжено с возникновением токсичной для дальнейшей биodeградации среды. Изучено влияние длины волны излучения на последующую биodeградацию гербицида 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в стационарных условиях. Воздействие КrСl и ХеВr в течение 120 мин не увеличивает токсичность обрабатываемых растворов по сравнению с исходным гербицидом

2,4-Д. Но эффективность последовательной фотобиодegradации была снижена в результате неполной деградации исходной 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты и образованием 2,4-дихлорфенола, биологическая утилизация которого также требует периода адаптации микроорганизмов-деструкторов. Современные УФ-технологии вносят, по нашему мнению, существенный вклад в решение возникающих экологических проблем.

*Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России, проект № 4.6027.2017/8.9.*

#### Список литературы

1. Василяк Л.М. Современные передвижные открытые бактерицидные облучатели // Светотехника. 2011. № 5. С. 48–50.

2. Вершинин Н.О., Чайковская О.Н., Каретникова Е.А. и др. Особенности совмещения фотохимических и биологических методов деградации 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты и 2,4-дихлорфенола // Вода: химия и экология. 2013. № 4. С. 84–91.

3. Джирард Дж.Е. Основы химии окружающей среды; пер. с англ. под ред. В.А. Иванова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 640 с.

4. Кармазинов Ф.В., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.Н. Ультрафиолетовые технологии в современном мире; под ред. С.В. Храменкова. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. 392 с.

5. Соснин Э.А. Экилампы и новое семейство излучателей на их основе // Светотехника. 2006. № 6. С. 25–31.

6. Oppenländer T. Photochemical urification of water and advanced oxidation processes (AOPs): principles, reaction mechanisms, reactor concepts. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH KGaA, 2003. 383 p.

## Перспективы использования лесных ресурсов Томской области в качестве возобновляемых источников энергии

Ти А.В., Калинин Е.М.

*Томский лесотехнический техникум, Россия, г. Томск*

В статье дан обзор состояния лесопромышленного комплекса Томской области. Приводится сравнительная характеристика лесных ресурсов региона по основным показателям для всех районов лесозаготовок. Предлагаются способы использования отходов лесозаготовки для энергоснабжения потребителей региона.

*Ключевые слова:* перспективы использования, лесные ресурсы, Томская область, возобновляемые источники энергии, энергосбережение.

По запасам древесины (2,8 млрд м<sup>3</sup>) Томская область занимает третье место в Сибири и седьмое в России. Две трети территории области покрыты лесами, поэтому лесопромышленный комплекс (ЛПК) в регионе является приоритетным направлением развития экономики [5].

По данным Комплексного управления лесными ресурсами Томской области, ежегодная расчетная лесосека Томской области составляет 41,2 млн м<sup>3</sup>; эксплуатационные леса – 39,7 млн м<sup>3</sup>. Структура лесных пород деревьев: береза 46,4%; сосна 26,8%; осина 18,2%; ель-пихта 8,0%; другие хвойные 0,3%; другие лиственные 0,3%. Потенциал развития лесной отрасли региона: арендованная расчетная лесосека 8,2 млн м<sup>3</sup>; перспективная расчетная лесосека 32,9 млн м<sup>3</sup>. Приоритетные направления ЛПК: создание древесно-плитных производств, развитие лесопиления, биоэнергетика.

Последние 10 лет ЛПК Томской области устойчиво развивается за счет технического перевооружения и модернизации лесопромышленных производств. Общий объем инвестиций в развитие регионального ЛПК в 2015 г. составил 3,6 млрд руб. (по данным сайта газеты «Московский комсомолец в Томске» от 16.02.2016). Значительные суммы капиталовложений привели к следующим событиям:

– 2011 г. – открытие в Томске современного производства МДФ (ЗАО «ЛПК «Партнер-Томск»);

– 2015–2016 гг. – новые производства шпона и МДФ в г. Асино на территории Асиновского лесопромышленного парка;

– ноябрь 2016 г. – группой компаний «Томлесдрев» введен в эксплуатацию в Томске новый завод по производству ламинированного ДСП (по данным сайта газеты «Московский комсомолец в Томске»).

Кроме этого Администрацией Томской области реализуется лесопромышленная кластерная политика. Разработана Программа развития лесопромышленного кластера, сформирована документация по закреплению кластерных отношений в правовом пространстве. В состав кластера вошло 21 предприятие лесопромышленного комплекса, включая такие крупные проекты, как «Томлесдрев», «Роскитинвест», «Хенда-Сибирь», «Латат», «Сибирьлес», а также представители малого бизнеса. Реализация всех этих мероприятий позволит достичь иного качественного уровня отношений в лесной отрасли, а также обеспечить устойчивые темпы социально-экономического развития Томской области.

Продукция лесопромышленного комплекса области находит устойчивый спрос на внутреннем российском рынке, в странах СНГ, а также дальнего зарубежья (Китай, Афганистан) (официальный интернет-портал Администрации Томской области).

По данным Томскстата, экспорт лесопродукции в 2016 г. составил 74,3 млн дол. США (рис. 1). В товарной структуре экспорта лесопродукции сокращается доля отгрузки необработанной древесины с 15,9% в 2010 г. до 3,9% в 2016 г. (рис. 2) [4].