

УДК 628.35.:665.5

Н. И. Фатихова, Г. Г. Ягафарова, Л. Ф. Коржова,
С. В. Леонтьева, Д. И. Ягафарова

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРΟΣЛЕЙ *CLADOPHORA AEGAGROPILA*

Ключевые слова: очистка сточных вод, соединения фенола, пара-трет-бутилфенол, водоросли *Cladophora aegagropila*,

Рассмотрены основные методы очистки сточных вод от фенольных соединений, выявлено перспективное направление повышения качества очистки с помощью водорослей рода "Cladophora aegagropila". Доказана эффективность использования водорослей в количестве 60-120 г/л для очистки от фенольных соединений.

Keywords: wastewater treatment, compounds of phenol, para-tert-butylphenol, algae *Cladophora aegagropila*.

Discusses the basic methods of sewage treatment from phenolic compounds, revealed a promising direction of improving the quality of cleaning by using algae of the genus "Cladophora aegagropila". Proven effective use of seaweed in the amount of 60-120 g/l for the purification from phenolic compounds.

Производные фенолов широко используются практически во всех областях промышленности: в производстве лаков и красок, синтетических смол, пластификаторов, поверхностно-активных и дубильных веществ, ядохимикатов, стабилизаторов, антисептиков и др., что является причиной их более высокого фонового содержания в окружающей среде по сравнению с другими наиболее распространенными классами приоритетных органических загрязнителей [4].

Пара-трет-бутилфенол (ПТБФ) является одним из распространенных производных фенола, используемых в качестве полупродукта органического синтеза. Сфера его применения постоянно расширяется, охватывая производство антиоксидантов, пестицидов, каучуков и, в последнее время, фармацевтических препаратов [1].

Сточные воды производства фенола и ПТБФ, а также предприятия коксохимической промышленности, органического синтеза, целлюлозной и деревоперерабатывающей промышленности загрязнены приоритетными органическими загрязнителями. Известно, что токсичность фенолов зависит от их природы: увеличение длины и количества алкильных заместителей в ядре, как правило, увеличивает персистентность и способность к кумуляции в живых организмах.

Фенол и его производные имеют достаточно низкий порог вкуса и запаха в воде. Значение ПДК для рыбохозяйственных водоемов фенола составляет - 0,001 мг/дм³, ПТБФ – 0,03 мг/дм³. В связи с этим, степень очистки сточных вод должна быть такой, чтобы соединения фенола не могли нарушить естественные процессы самоочищения, протекающие в водоемах, сохранили их для культурно-бытового и хозяйственного использования, а также для разведения рыбы [4].

В настоящее время проблема очистки сточных вод от фенола и его производных до конца не решена. Необходимы разработки дополнительных методов для доведения остаточного содержания фенолов до экологически безопасного уровня. Методы очистки сточных вод от фенола условно

делятся на две группы: деструктивные, регенеративные.

К деструктивным методам относятся термоокислительные, окислительные методы, а также гидролиз и электрохимическое окисление. Такие методы применяют, если невозможно или экономически нецелесообразно извлечь из воды примеси, которые не требуют возврата фенола в производство. Использование регенеративных методов очистки сточных вод позволяет обезвреживать и извлекать из воды фенолы с последующим их применением. Регенерационных методов по извлечению из воды фенола существует достаточно много: ионообменная очистка, адсорбция, биологическая очистка, обратный осмос воды, озонирование и другие.

Наиболее перспективными являются биологические методы. Известно использование микроорганизмов-деструкторов фенола для доочистки сточных вод [5, 7]. Однако сложности аппаратного оформления такой очистки препятствуют широкому распространению этого способа. Наиболее перспективным для очистки сточных вод от фенольных соединений, на наш взгляд, является использование водорослей для кумуляции.

Целью данной работы является исследование очистки сточных вод от фенольных соединений при помощи макроскопических зеленых водорослей рода *Cladophora aegagropila*.

Кладофора шаровидная (*Cladophora aegagropila*) представляет собой колонию зеленых нитчатых водорослей. Их нити располагаются радиально, образуя пушистый шарик. В природе может достигать 20 сантиметров в диаметре. Растет достаточно медленно – около 5-10 мм в год. Внутри шара водоросли отмирают, образуя полость. Свободно перемещается по дну. Освещенные дневным светом водоросли начинают вырабатывать кислород, пузырьки которого придают кладофоре шаровидной положительную плавучесть [3].

С этой целью были поставлены 3 серии модельных опытов, для каждого вещества отдельно. В качестве исследуемого вещества был взят

гомолог фенола - ПТБФ. Это связано с тем, что фенол является летучим соединением и температура кипения его намного ниже, чем у ПТБФ. Учитывая два важных фактора, опыты проводились с помощью ПТБФ. Концентрация последнего в модельном растворе составляла 10 ПДК (0,3 мг/дм³). Количество водорослей в опытах составляло 20, 60, 120 г/дм³. Опыт проводился при комнатной температуре 25 °С в течение 24 ч. Контролем являлась загрязненная ПТБФ вода без внесения водорослей. Об эффективности очистки судили путем отбора проб после 2, 6, 12, 18 и 24 ч методом капиллярной газовой хроматографии. Основные параметры прибора: хроматограф (перихром); колонка - кварцевая капиллярная длиной 60 м диаметром 0,25 мм толщина пленки 0,10 мкм; фаза - DB-5; температура термостата: начальная изотерма 50 °С, в течении 1 мин., подъем температуры до 50-300 °С со скоростью 4 °С/мин, конец изотермы 300 °С в течении 20 минут; режим ввода пробы- split/splitless; газ носитель - азот, деление потока 1:60; объем вводимой пробы – 1-5 мкл.

Хроматограммы экстрактов из модельных растворов после 24 часов эксперимента при различных массах используемых растений приведены на рисунке 1. Результаты эксперимента свидетельствуют, что наибольшая степень очистки воды от ПТБФ достигается после 24 часов опыта при массе водорослей 60-120 г/дм³.

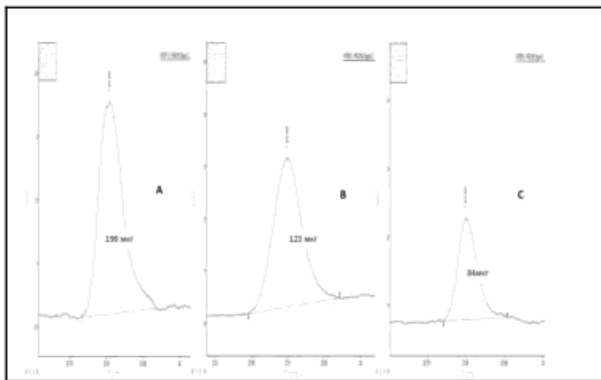


Рис. 1 – Содержание ПТБФ в экстракте из воды с водорослями после суточной выдержки с: А – 20 г; В - 60 г; С – 120 г

На рисунке 2 приведены графики изменения остаточной концентрации ПТБФ в модельных растворах в зависимости от массы водорослей и времени контактирования приведены на рисунке 2. Очевидно, что с увеличением времени нахождения водорослей в растворе и их массы, остаточная концентрация ПТБФ снижается, что вполне закономерно.

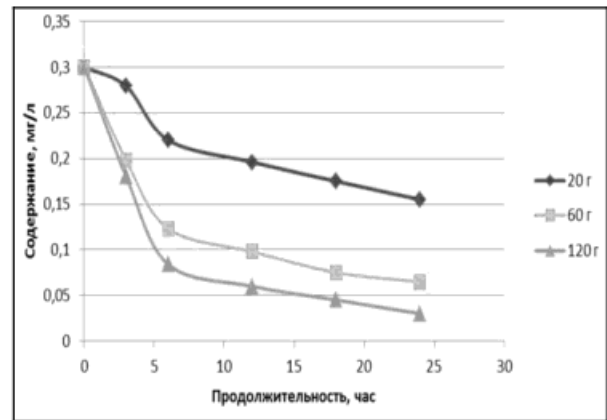


Рис. 2 – Влияние времени воздействия водорослей на содержание ПТБФ в воде (начальная концентрация ТБФ 0,3 мг/дм³)

Для достижения значений ПДК, как показано данными эксперимента, количество водорослей *Cladophora aegagrophilia* должно составлять не менее 120 г/дм³, а время экспозиции – не менее 24 часов при начальной концентрации ПТБФ не более 0,3 мг/дм³. В результате исследования установлено, что водоросли *Cladophora aegagrophilia* обладают высокой кумулятивной активностью по отношению к фенольным соединениям. Таким образом, водоросли из рода *Cladophora* могут в перспективе использоваться для доочистки сточных вод от фенольных соединений до нормативных значений.

Литература

1. И.О. Воронин, Т.Н. Нестерова, Е.В. Головин, *V Всероссийская конференция*, Самара, 2013. Том 15. С. 331-334.
2. ГН 2.1.5.1315-03. *Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Гигиенические нормативы*.
3. Э.М. Зайнутдинова, Г.Г. Ягафарова, *Башкирский химический журнал*, 3, 150-152 (2013).
4. В.Н. Майстренко, Н.А. Ключев. *Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей*, Бином, Москва, 2011. 323 с.
5. Т.В. Маркушева. Автореф. дисс. д-ра биолог. наук, институт биологии УНЦ, Уфа, 2011. 19 с.
6. В.А. Проскураков, Л.И. Шмидт. *Очистка сточных вод в химической промышленности*. Химия, Ленинград, 1977. 464 с.
7. Г.Г. Ягафарова, С.В. Леонтьева, А.Х. Сафаров, *Микробная трансформация экотоксикантов*, УГНТУ, Уфа, 2015. 254 с.

© Н. И. Фатихова - магистрант кафедры Прикладной экологии Уфимского государственного нефтяного технического университета, fatihovanuria@mail.ru; Г. Г. Ягафарова - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Прикладной экологии того же вуза; Л. Ф. Коржова - к.х.н. кафедры Прикладной экологии того же вуза; С. В. Леонтьева - к.т.н. кафедры Прикладной экологии того же вуза; Д. И. Ягафарова - студентка того же вуза.

© N. I. Fatikhova - Master of Applied Ecology of the Ufa State Oil Technical University, fatihovanuria@mail.ru; G. G. Yagafarova - Professor, Head of the Department of Applied Ecology of the same university; L. F. Corjova - Ph.D. Department of Applied Ecology of the same university; S. V. Leontieva - Ph.D. Department of Applied Ecology of the same university; D. I. Yagafarova - a student of the same university.