

**УДК 614.84**

Игнатова Алла Юрьевна, доцент, к.б.н.  
(КузГТУ, г. Кемерово)  
Alla Yu. Ignatova, candidate of biological sciences  
(KuzSTU, Kemerovo)

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПУТЕМ ИММОБИЛИЗАЦИИ  
МИКРООРГАНИЗМОВ-ДЕСТРУКТОРОВ**

**INCREASING THE EFFICIENCY OF WASTEWATER TREATMENT OF  
INDUSTRIAL ENTERPRISES BY IMMOBILIZATION  
MICROORGANISMS-DESTRUCTORS**

Рассмотрены пути повышения эффективности очистки стоков промпредприятий от трудно разлагаемых органических веществ (фенолов, бензола, анилина и др.). В работе использован прием биостимуляции сложившихся ассоциаций микроорганизмов *in situ* (в месте загрязнения), что позволяет им адаптироваться к перепадам концентраций токсичных веществ в стоках и более полно утилизировать загрязняющие вещества.

The ways of increasing the efficiency of wastewater treatment from industrial enterprises from hardly decomposable organic substances (phenols, benzene, aniline, etc.) are considered. The work used the method of biostimulation of the established associations of microorganisms *in situ* (in the place of pollution), which allows them to adapt to fluctuations in the concentrations of toxic substances in wastewater and more fully utilize pollutants.

Актуальность исследований заключается в повышении эффективности биотехнологического способа очистки сточных вод, основанного на использовании живых объектов – микроорганизмов сообщества активного ила очистных сооружений, сорбированных на отходах от промышленных предприятий, а именно на коксовой пыли и техническом углероде. Данный способ помогает утилизировать отходы, обеспечивая им полезное применение.

Цель – разработка эффективного и экологически значимого метода очистки промышленных сточных вод с использованием иммобилизованных микроорганизмов на отходах промышленных предприятий.

Задачи исследований:

- выбор и апробация иммобилизаторов с наибольшим потенциалом;
- определение эффективности очистки сточных вод при помощи сорбированных микроорганизмов.

Научная новизна заключается в идее стимуляции естественных ассоциаций микроорганизмов-деструкторов путем их иммобилизации на твёрдом

сорбенте. В частности, в работе используются отходы химических предприятий – коксовая пыль и технический углерод пиролиза автошин.

Полученные экспериментальные данные по очистке сточных вод от органических и неорганических соединений могут быть применены в промышленном производстве для улучшения качества очистки промышленных стоков.

Разрабатываемый способ возможно применять на предприятиях химической промышленности в биореакторах (биофильтрах).

В основе разрабатываемого метода лежит иммобилизация микроорганизмов на твердом сорбенте, создание условий для их адаптации и дальнейшее использование для очистки сточных вод. Иммобилизованные клетки обладают рядом преимуществ по сравнению с системами свободно суспендированных клеток [1].

В исследованиях использован прием биостимуляции *in situ* (в месте загрязнения), основанный на росте потенциально способного к очистке природного биоценоза в загрязненной экосистеме. При методе *in situ* в образующейся экосистеме для её развития создаются оптимальные условия: создание аэрации, внесение соединений фосфора, азота, калия [1].

Эксперименты проводили со сточной водой кемеровского предприятия.

В качестве твердого носителя использовали коксовую пыль и технический углерод. В качестве основы для создания микробиологического сообщества, обеспечивающего очистку сточных вод, был использован активный ил очистных сооружений кемеровского предприятия.

Провели серию экспериментов со сточной водой, поступающей на сооружения биохимической очистки (рис. 1).



Рис. 1. 1-е и 3-и сутки экспозиции

В колбы объемом 250 мл наливали 100 мл суспензии, в которой содержатся микроорганизмы, помещали навески коксовой пыли и технического углерода. Навеску предварительно подготавливали, помещая в капроновую капсулу. В ёмкость с бактериями и навеской подводилась система аэрации для поддержки жизнедеятельности микроорганизмов, а также перемешивания. Через 6 часов капсулу с твердым сорбентом и адсорбированными бактериями помещали в колбу 250 мл со сточной водой. Неплотно закрывали марлевой пробкой для доступа воздуха, необходимого для жизнедеятельности бактерий. Подкормка осуществлялась 1 раз в сутки ортофосфорной кислотой. Каждые сутки

проводили анализ сточной воды на содержание фенолов и показатель химического потребления кислорода (ХПК).

Снижение концентрации фенола наблюдается во всех вариантах, но динамичнее всего тенденция к снижению прослеживается в варианте с 3 г навеской коксовой пыли.

Технический углерод обладает гидрофобными свойствами, из-за которых навеска не погружается полностью в раствор, содержащий культуру, в следствии чего происходит адсорбция не по всему объёму навески, а только по поверхности соприкосновения. Построен график, отражающий изменение концентрации фенола при экспериментах с различной навеской коксовой пыли и технического углерода (рис. 2).

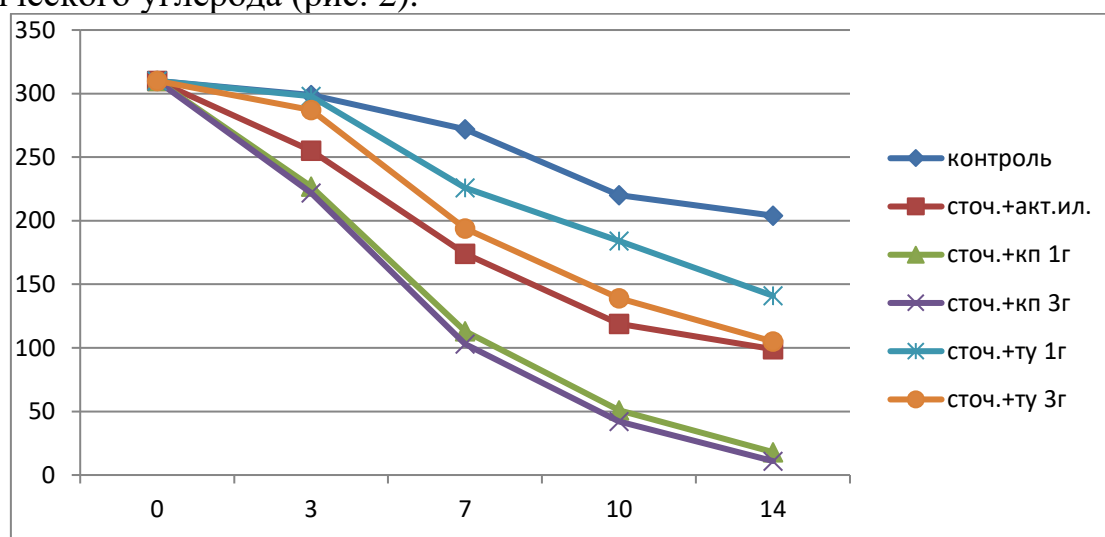


Рис. 2. Динамика концентрации фенола с использованием различных навесок иммобилизаторов

Определен показатель ХПК для контрольного образца, образца со сточной водой и активным илом, и 3 г навесками коксовой пыли и технического углерода. Результаты в табл. 1.

Таблица 1.

Показатель ХПК для различных навесок иммобилизатора

|                              | ХПК пробы, мг/дм <sup>3</sup> |         |         |          |          |
|------------------------------|-------------------------------|---------|---------|----------|----------|
|                              | начальная                     | 3 сутки | 7 сутки | 10 сутки | 14 сутки |
| Контроль (сточная вода)      | 2560                          | 2510    | 2430    | 2390     | 2310     |
| Сточная вода + активный ил   | 2560                          | 2450    | 1980    | 1870     | 1800     |
| Сточная вода + коксовая пыль | 2560                          | 2320    | 1820    | 650      | 440      |

|   |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|
| Сточная вода+<br>технический уг-<br>лерод | 2560 | 2500 | 2160 | 1900 | 1830 |
|---|------|------|------|------|------|

По данным проведенных экспериментов можно сделать вывод, что при очистке сточных вод от органических веществ в качестве иммобилизатора микроорганизмов перспективно использование отходов коксохимического производства – коксовой пыли.

В промышленных масштабах нецелесообразно использовать капроновую капсулу с навеской материала. В качестве более рационального использования коксовой пыли разработан метод её уплотнения с сохранением сорбционных свойств – создание брикетов с помощью прессования и водонерастворимого связующего. Брикет диаметром 3 см и высотой 3 мм. Навеска коксовой пыли 25 г, связующее 15 % от массы.

В табл. 1 представлены результаты анализов, сделанные эко-аналитической лабораторией на кемеровском предприятии, которые подтвердили лабораторные исследования по снижению концентрации фенола.

Таблица 1.

Результаты исследований сточных вод с активным илом

| Вариант  | Содержание аммиака в пробах, мг/дм <sup>3</sup> |         | Содержание фенола в пробах, мг/дм <sup>3</sup> |         |
|--|---|---------|--|---------|
|  | начальная                                       | 3 сутки | начальная                                      | 3 сутки |
| контроль (сточная вода с активным илом)                        | 100   | 140     | 135  | 113     |
| активный ил, сорбированный на твердом остатке пиролиза автошин | 100   | 160     | 135  | 39      |
| активный ил, сорбированный на коксовой пыли                    | 100   | 140     | 135  | 93      |

Повышение содержания аммиака в пробах объясняется активной деятельностью микроорганизмов по разложению органических веществ.

Также была поставлена задача поиска новых угольных сорбентов. Проведен анализ различной литературы, в которой описывалась возможность использования полукокса из бурого угля в качестве сорбента. Существуют различные схемы получения углеродных сорбентов, которые включают в себя первоначальную подготовку сырья, карбонизацию, активацию. Активацию проводят водяным паром, коксовым или углекислым газом, так же существуют методы щелочной активации [3].

Галевским Г.В с соавт. проведен анализ полукокса, полученного из бурого угля Канско-Ачинского бассейна [4]. Буроугольный кокс используется как бездымное высококалорийное топливо, для производства водорода путем газификации, добавка в шихту для коксования, а также углеродный сорбент.

Большое значение имеет возможность получения на базе бурых углей сорбентов и углеродных наноматериалов, востребованность в которых все больше и больше растёт, что связано с их использованием в области материаловедения для разработок новых материалов и технологий, а также в связи с проблемой охраны окружающей среды. Следует иметь в виду, что полукокс будет адсорбировать не только активный ил, но и загрязняющие вещества, а на его поверхности будет формироваться прочный межфазный слой. По величине адсорбции можно судить об удельной поверхности углей и полукоксов, используемых для получения угольных сорбентов.

Исследования в области разработки биосорбентов на основе твердых отходов перспективны для практического применения на промышленных предприятиях для повышения эффективности очистки сточных вод.

#### Список литературы

1. Игнатова А.Ю. Метод повышения эффективности биологической очистки сточных вод химических производств / А.Ю. Игнатова, А.А. Новоселова, А.В. Папин // Вода и экология: проблемы и решения. 2016. № 1. С. 37-51.
2. Методы очистки сточных вод, варианты оборудования. [Электронный ресурс]: <http://www.tehnosfera.ru/info/62-metody-ochistki-stochnykh-vod.html> (дата обращения 24.09.2022 г.).
3. Zykov I.Yu., Dudnikova Yu.N., Kozlov A.P., Fedorova N.I., Ismagilov Z.R. Adsorbtsionnye kharakteristiki uglerodnykh sorbentov iz prirodnoookislenno go barzasskogo uglya // Chemistry for Sustainable Development. – 2017. – V. 25. - № 6. – P. 621-625.
4. Галевский А.Е. Аникин В.В. Руднева С.Г. Галевский Применение буроугольных полукоксов в металлургии. Технологическая и экономическая оценка / А.Е. Галевский, В.В. Аникин, С.Г. Руднева // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2016. - № 2. – с. 115-121.