

**АНАЛИЗ РАБОТЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРУДОВ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ТОПЛИВНО-ТРАНСПОРТНОГО ЦЕХА АО «СЫРДАРЬИНСКАЯ ТЭЦ»**
**ANALYSIS OF WORK OF WASTE WATER AFTER-PURIFICATION BIOLOGICAL
PONDS OF “SYRDARYA TPP” JSC FUEL AND TRANSPORTATION DEPARTMENT.**

Л. М. Шаповалова¹, В. Б. Нурматова¹, Е. Ю. Куршина¹, О. А. Смолькова²
L. Shapovalova¹, V. Nurmatova¹, E. Kirshina¹, O. Smolkova²

¹Ташкентский научно-исследовательский институт окружающей среды
и природоохранных технологий Госкомэкологии РУз, г. Ташкент, Республика Узбекистан
dagon49@mail.ru

²«LAR PROCESS ANALYSERS AG», Берлин, Германия

¹Research Institute of Environment and Environment Protection technologies under the State Committee for
Ecology and Environmental Protection of Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan

²«LAR PROCESS ANALYSERS AG», Berlin, Germany

В статье представлена технология доочистки нефтесодержащих сточных вод в прудах с высшей водной растительностью. Использование данной технологии позволяет получить качество очищенного стока соответствующее нормам сброса в открытые водоемы.

The technology of oil-containing waste waters after-purification in biological ponds with higher aquatic vegetation. Use of this technology allows to obtain quality of treated wastewater in accordance with regulations for open water.

Ключевые слова: биопруды, высшая водная растительность, производственные сточные воды, нефтепродукты.

Keywords: biological ponds, higher aquatic vegetation, industrial waste water, oil products.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-2-445-448>

Одним из источников загрязнения окружающей среды нефтепродуктами являются производственные сточные воды. Обычно для их очистки используются механические и физико-химические методы [1]. Однако, очищенные сточные воды могут содержать растворенные и тонкодиспергированные нефтепродукты в концентрациях, превышающих нормы сброса в открытые водоемы. Для доочистки нефтесодержащих сточных вод наиболее перспективным является биологический метод, основанный на разложении нефти микроорганизмами, способными использовать углеводороды нефти в качестве единственного источника углерода [2].

Биохимическое окисление проводят как в промышленных сооружениях (биофильтры, аэротенки), так и в естественных условиях - в биологических прудах. В прудах доочистки достаточно часто высаживается различная высшая водная растительность, такая как рогоз, тростник, камыш и т.д. Это способствует стабильности и увеличению эффективности работы системы. Высшая водная растительность в прудах выполняет следующие основные функции:

- фильтрационную – способствует задержанию взвешенных веществ;
- поглотительную – поглощение биогенных элементов и некоторых органических веществ;
- накопительную – способность накапливать некоторые трудноразалагаемые органические вещества, которые затем постепенно разлагаются;
- окислительную – в процессе фотосинтеза вода обогащается кислородом;
- детоксикационную – способность накапливать токсичные вещества и преобразовывать их в нетоксичные [3].

В присутствии высшей водной растительности значительно возрастает окислительная мощность сооружений благодаря формированию биопленки гидробионтов (перифитона) на поверхности стеблей и корневищ высшей водной растительности, которые находятся в состоянии симбиотического взаимодействия. Следует отметить, что немаловажную роль в процессах доочистки выполняют сапрофитные бактерии, которые вместе с высшей водной растительностью успешно выполняют роль дезинфектантов за счет своих продуктов обмена и антагонизма с бактериями гетеротрофами. Качество вод, прошедших обработку в сооружениях в присутствии высшей водной растительности, не отличается от качества вод природных водоемов. Все это привело к тому, что в настоящий момент сооружения с высшей водной растительностью, отличающиеся своей простотой эксплуатации, не высокой стоимостью и высокой эффективностью широко используются в различных странах мира [4].

Узбекистан относится к странам с аридным климатом и достаточно ограниченными водными ресурсами. В связи с этим была разработана система прудов доочистки с высшей водной растительностью, наиболее полно соответствующей климатическим условиям Узбекистана (Патент № 326 РУз).

Для доочистки сточных вод топливно-транспортного цеха Сырдарьинской ТЭЦ были разработаны рекомендации, выполнен проект и осуществлено строительство биологических прудов с высшей водной растительностью. Статья посвящена анализу работы этих прудов за период 1989-2020 гг.

Пруды для доочистки нефтесодержащих сточных вод представляют собой два последовательно соединенных пруда с противоточной фильтрацией, выполненной из укатанного суглинка. Глубина прудов порядка 2,5 м. В каждом пруду, поперек потока, по дну, равномерно расположены 4 затопленные дамбы, высота которых составляет 1,8 м, а общая площадь - 40% от общей площади пруда. На затопленных дамбах высаживается высшая водная растительность - рогоз, тростник, камыш.

На доочистку в пруды с высшей водной растительностью поступает 2400 м³/сут нефтесодержащих сточных вод, прошедших механическую очистку в нефтеловушках и на адгезионнокаскадной установке. Общее время пребывания в сооружениях составляет 10 суток. Сточные воды поступают в пруд равномерным потоком по короткой стороне пруда через перелив бетонного желоба и собираются аналогичным образом, а затем отводятся в открытый водоем. Содержание нефтепродуктов, в поступающих на доочистку сточных водах, колебалось в широких пределах - от 10,0 до 40,0 мг/л. По технологическим условиям осуществляются кратковременные залповые сбросы с концентрацией нефтепродуктов до 4,0-10,5 г/л.

В течение всего периода наблюдения за работой прудов доочистки проводился анализ неочищенных и очищенных сточных вод по таким показателям как рН, температура, концентрация нефтепродуктов. Проводился также анализ гидробионтов и токсичности сточных вод.

Величина рН играет важную роль в обеспечении процессов жизнедеятельности различных гидробионтов, участвующих в процессе биодegradации нефтепродуктов, и, в том числе сообщества нефтеокисляющей микрофлоры. Показатель рН сточных вод, за весь период наблюдений колебался в пределах 7,1-8,1, что способствует благоприятным условиям для жизнедеятельности гидробионтов в прудах доочистки.

Важную роль в обеспечении процессов жизнедеятельности биоценоза прудов доочистки играет температурный фактор. Температура воды в летний период лежала в пределах 20-25 °С, а в зимний - 17-18 °С. Подобный температурный режим обеспечивается с одной стороны глубиной пруда в 2,5 м, а с другой стороны подачей теплой воды на адгезионнокаскадную установку.

Исходное значение нефтепродуктов, без учета залповых сбросов, в изучаемый период составляет 10,5-42,5 мг/л (рис. 1).

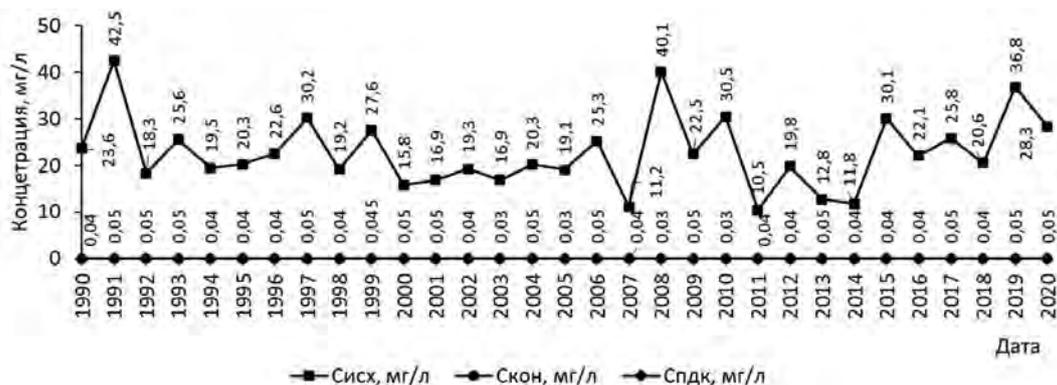


Рисунок 1 – Концентрация нефтепродуктов в неочищенных и очищенных сточных водах

Существуют общепринятые показатели, учитывающие состояние нефтепродуктов в сточных водах [5].

Таблица – Характеристика состава сточных вод нефтебаз [5].

Показатели	Концентрация, мг/л
Нефтепродукты, в т.ч.:	400-15000
взвешенные	350-14700
эмульгированные	50-300
растворенные	5-20
рН	7,2-7,8

Нефтепродукты, находящиеся во взвешенном состоянии, удаляются в сооружениях механической очистки. Образование эмульсий вызвано применением насосов для перекачки и движения нефтесодержащих сточных вод по трубопроводам и промывкой оборудования струями воды. Эмульсии сохраняют стабильность в течение длительного времени, затрудняя процесс очистки и, минуя нефтеловушки, совместно с растворенными нефтепродуктами поступают на очистные сооружения.

В изменении концентрации нефтепродуктов прослеживается четкая пространственная зависимость распространения нефтепродуктов в пруду. При поступлении нефтепродуктов в пределах 10,0-20,0 мг/л наличие их отмечается в виде налета на растительности на 1 и 2 затопленных дамбах. В водной толще их содержание не превышает 0,3-0,5 мг/л, а после прохождения воды третьей затопленной дамбы, содержание нефтепродуктов снижается до 0,05 мг/л, т.е. соответствует нормам сброса в открытый водоем. Увеличение исходной концентрации выше 20 мг/л сдвигает присутствие нефтепродуктов до четвертой затопленной дамбы, сохраняя кинетику более низких концентраций (рис. 2).

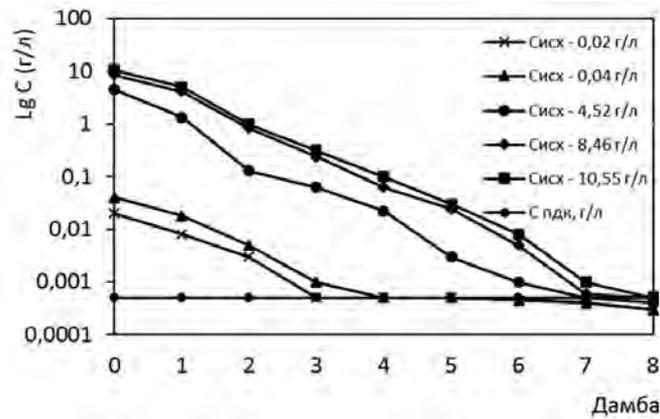


Рисунок 2 – Логарифмическая зависимость изменения концентрации нефтепродуктов при прохождении дамб в прудах доочистки

Несколько иная картина наблюдается при периодических залповых сбросах нефтепродуктов. При поступлении в пределах 4,2-10,5 г/л до 50% нефтепродуктов задерживается на растительности первой затопленной дамбы в виде налета толщиной 5-8 мм, а также в виде ступок нефти на поверхности воды. Содержание нефтепродуктов после прохождения растительности на первой затопленной дамбе составляло не более 1,4-5,0 г/л и представляло собой пленку нефти на водной поверхности. Следует отметить, что пленка не покрывала сводную поверхность, а представляла собой отдельные пятна нефти. После прохождения растительности на второй затопленной дамбе, содержание нефтепродуктов составляет не более 1,0 г/л и также представлено пленкой нефти в виде отдельных пятен. После третьей затопленной дамбы, содержание нефтепродуктов в толще воды снизилось до 0,3 г/л, после четвертой затопленной дамбы до 0,1 г/л. После пятой затопленной дамбы содержание нефтепродуктов в водной толще не превышало 30 мг/л, после шестой затопленной дамбы не более 5-8 мг/л, а после седьмой не более 1 мг/л и после восьмой дамбы содержание нефтепродуктов в выходящей из первого пруда воде не превышало 0,05 мг/л (рис. 2).

Залповые сбросы, с содержанием нефтепродуктов в пределах 8,0-10,0 г/л были кратковременными и длились не более 4-6 часов. В связи с этим, большой интерес представляли данные, показывающие насколько быстро восстанавливается система после поступления таких значительных концентраций нефтепродуктов. Данные исследований показали, что через 8 суток система практически полностью справилась с подобным загрязнением и содержание нефтепродуктов после третьей дамбы не превышает 0,3-0,5 мг/л, а после четвертой, содержание нефтепродуктов в водной толще составляет 0,05 мг/л.

Наблюдения за работой прудов доочистки проводились в течение 30 лет в различные сезоны года. Однако, динамика снижения нефтепродуктов не претерпевала изменений по сезонам года. Это связано с тем, что в процессе доочистки принимают участие эврибионтные гидробионты, способные выдерживать широкие колебания различных факторов как внешней среды, так и абиотических факторов сточных вод.

Анализ состава гидробионтов прудов показал, что в процессе биодеградации углеводородов нефти принимают участие все гидробионты, встречающиеся в данном пруду. Процесс начинается с разложения нефтепродуктов под действием, как аэробной микрофлоры, так и анаэробной в придонных слоях пруда. Также, в начальной стадии биодеградации нефтепродуктов в массе присутствуют сине-зеленые водоросли *Oscillatoria* и *Phoveolarium*. Эти водоросли способны усваивать сложные органические вещества, которые образуются при биодеградации нефтепродуктов за счет жизнедеятельности сообщества нефтеокисляющей микрофлоры. Далее в составе обрастаний начинают встречаться различные водоросли. В летний период зеленые, эвгленовые водоросли, а в зимний период преимущественно различные диатомовые водоросли. В прудах доочистки, начиная со второй половины первого пруда, обитают лягушки и в массе личинки стрекоз. Кроме того, в обрастаниях в массе встречаются простейшие, представленные различными прикрепленными и свободноживущими организмами - коловратками, инфузориями, водными жуками и водяными клопами. Это свидетельствует о том, что прошедшая доочистку в прудах сточная вода, практически идентична водам открытых водоемов.

В заключении была проведена серия экспериментов по определению токсичности исходных и очищенных нефтесодержащих сточных вод. Определение токсичности проводилось по методике Лестникова. Время экспозиции составляло 15 дней. В результате исследований установлено, что исходная сточная жидкость достаточно токсична – из 10 особей *Daphnia longispina* живыми были 3 особи. В очищенной сточной жидкости к концу экспозиции все 10 особей живы. Это свидетельствует о том, что очищенная нефтесодержащая сточная вода не токсична.

Исследования процессов доочистки нефтесодержащих сточных вод, проведенные в течение тридцати лет, позволили оценить стабильность и эффективность работы прудов доочистки с высшей водной растительностью.

Посадка высшей водной растительности на затопленных дамбах предотвращает проскок нефтепродуктов в следующий за ней междамбовый участок.

Расположение ряда дамб по дну каждого пруда поперек потока позволяет создать секционность внутри пруда и последовательное улучшение процессов биodeградации нефтепродуктов от одной дамбы к другой.

В результате исследований установлено, что подобные системы доочистки с использованием высшей водной растительности в условиях сухого и жаркого климата Узбекистана круглогодично позволяют снижать содержание нефтепродуктов до 0,05 мг/л, т.е. до норм сброса в открытые водоемы.

Исследованиями установлено, что сточная вода после прохождения прудов с высшей водной растительностью не оказывает токсичного воздействия на гидробионтов и может быть сброшена в открытые водоемы.

Авторы выражают благодарность фирме «LAR Process Analysers AG» (Германия) за предоставленное лабораторное оборудование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долина, Л.Ф. Современная технология и сооружения для очистки нефтесодержащих сточных вод. – Днепрпетровск: Континент, 2005. – 296 с.

2. Тимергазина, И.Ф. К проблеме биологического окисления нефти и нефтепродуктов углеводородоокисляющими микроорганизмами. / Переходова Л.С. Нефтегазовая технология: теория и практика. [Электронный ресурс]. – 2012. – Т.7. – №1. – 28 р. – URL: http://www.ngtrio.ru/rub/7/16_2012/pdf. – (дата обращения: 02.02.2020).

3. Диренко, А.А. Использование высших водных растений в практике очистки сточных вод и поверхностного стока. / Коцарь Е.М. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/374>. – (дата обращения: 02.02.2020).

4. Hannachi, A. Gestion et valorization des eaux uses en Algerie. / Gharzouli R., Djellouli Tabet Y. Larhyss Journal. Université de Biskra) Algérie. [Электронный ресурс]. Larhyss Journal. - 2014. - №19. – С.51-62. – URL: <http://www.larhyss.net/journal.html>. – (дата обращения: 02.02.2020).

5. Стахов, Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов. – Л.: Недра, 1983. – 263 с.

БЫСТРОЗАТВЕРДЕВАЮЩАЯ ФОЛЬГА ДЛЯ БЕССВИНЦОВОЙ ПАЙКИ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Sn – In – Bi RAPIDLY SOLIDIFIED FOIL FOR LEAD FREE SOLDERING BASED ON Sn – In – Bi ALLOYS

**В. Г. Шепелевич¹, О. В. Гусакова², Г. А. Русак¹
V. Shepelevich¹, O. Gusakova², G. Rusak¹**

¹Белорусский государственный университет, физический факультет,
г. Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
ol.gusakova@gmail.com

¹Belarusian State University, physical faculty,
Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus

Методами растровой электронной микроскопии, рентгеноспектрального анализа и дифракции обратноотраженных электронов проведены исследования микроструктуры и зеренной структуры быстрозатвердевших сплавов (Sn₄In)_xBi_(1-x). Установлено, что быстрозатвердевшие фольги отличаются однородностью распределения компонент и дисперсностью микроструктуры по сравнению с массивными образцами. При концентрации Bi выше 6 ат. % в фольге присутствуют три фазы: γ-фаза (Sn₄In), ε-фаза (InBi) и BiIn₂. Зеренная структура быстрозатвердевших фольг имеет особенности, состоящие в том, что у поверхности фольги прилегающей к кристаллизатору образуются крупные вытянутые вдоль направления растекания расплава зерна, а у свободно затвердевающей стороны имеют равноосную форму.

Using the scanning electron microscopy, X-ray spectroscopy and electron backscatter diffraction techniques the microstructure and grain structure of rapidly solidified alloys (Sn₄In)_xBi_(1-x) were studied. It was found that rapidly solidified foils are characterized by uniform distribution of components and dispersion of the microstructure in comparison with bulk samples. At a concentration of Bi above 6 at. % there are three phases in the foil: the γ phase (Sn₄In), the ε phase (InBi) and BiIn₂. The grain structure of rapidly solidified foils has the peculiarity that large grain melt spreading elongated along the direction of flow is formed at the surface of the foil adjacent to the mold, and they have an equiaxed shape on the freely solidifying side.