

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДНОГО ГИАЦИНТА (*EICHORNIA CRASSIPES*) ПРИ ДООЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

Г. Б. Абуова, А. Э. Харламова, А. С. Сардина

Абуова Галина Бекмуратовна, кандидат технических наук, доцент, декан факультета инженерных систем и пожарной безопасности, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, e-mail: isipb@ausu.ru;

Харламова Анна Эдуардовна, старший преподаватель кафедры пожарной безопасности и водопользования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация;

Сардина Александра Сергеевна, ассистент кафедры пожарной безопасности и водопользования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация

В настоящее время проблема очистки сточных вод очень актуальна и имеет глобальные масштабы не только в нашей стране, но и во всем мире. Из-за стремительного развития промышленности и хозяйственно-бытовой деятельности людей количество потребляемой воды непрерывно растет, а вместе с этим отмечается значительный рост объемов сточных вод, загрязнители которых имеют различную природу и присутствуют в них в больших количествах. Такие сточные воды представляют для экологии окружающей среды серьезную угрозу и наносят непоправимый ущерб. В работе предложен один из перспективных способов биологической очистки сточных вод с помощью высших водных растений. Эффективность способа обусловлена тем, что они могут поглощать биогенные элементы. Большинство органических веществ способны накапливать некоторые металлы и органические вещества, тяжело поддающиеся разложению, а также токсичные вещества, «обезвреживая» их, и таким образом оказывая благотворное влияние на процесс оседания взвешенных веществ.

Ключевые слова: сточные воды, поверхностный сток, доочистка сточных вод, высшие водные растения, гиацинт, эйхорния.

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF WATER HYACINTH (*EICHORNIA CRASSIPES*) DURING THE POST-TREATMENT OF WASTEWATER

G. B. Abuova, A. E. Kharlamova, A. S. Sardina

Abuova Galina Bekmuratovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering Systems and Fire Safety, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, e-mail: isipb@ausu.ru;

Kharlamova Anna Eduardovna, Senior Lecturer, Department of Fire Safety and Water Use, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation;

Sardina Aleksandra Sergeevna, Assistant of the Department of Fire Safety and Water Use, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation

Currently, the problem of wastewater treatment is very relevant and has global dimensions, both in our country and for all mankind. Due to the rapid development of industry and household activities of people, the amount of water consumed is constantly growing, and at the same time there is a significant increase in the volume of wastewater, pollutants of which have a different nature and are present in them in large quantities. Such wastewater poses a serious threat to the ecology of the environment and causes irreparable damage. The paper proposes one of the promising methods of biological wastewater treatment with the help of higher aquatic plants. The effectiveness of the method is due to the fact that they can absorb biogenic elements, most organic substances, are able to accumulate some metals and organic substances that are difficult to decompose, as well as toxic substances, "neutralizing" them, having a beneficial effect on the sedimentation of suspended substances.

Keywords: wastewater, surface runoff, wastewater treatment, higher aquatic plants, hyacinth, eichornia.

Неочищенные стоки негативно воздействуют на окружающую среду. Их сброс в поверхностные водоисточники может привести к необратимым последствиям: снижению продуктивности водоемов (масштабное падение популяции рыб, в том числе и ценных пород более чувствительных к загрязнениям, возникновение мутаций, выявление в пищевых видах скоплений токсинов, вытеснение ценных видов растительного и животного мира паразитными); появлению длительных тяжёлых последствий для биосообществ (синдром Минамата, вызванный сбросом неочищенных

сточных вод в Японии, содержащих ртуть; загрязнение радиоактивными отходами реки Теча в результате деятельности комбината «Маяк») [1].

Негативный фактор сброса неочищенных и недостаточно очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод отражается и на состоянии почвенных ресурсов. Согласно ежегодным лабораторным исследованиям Госсанэпиднадзора установлено, что за последние несколько лет количество проб почвы на территории жилой зоны, не отвечающих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, значительно возрастает – от 2,5 до 5 % в год. По статистике на

территории Российской Федерации около 18 % почвенных проб жилой зоны не соответствуют гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям.

В хозяйственно-бытовых стоках преимущественно содержатся органические вещества – до 60 %. Накапливаясь в почвах, органические вещества загнивают, что очень негативно влияет на санитарное состояние атмосферы и гидросферы [2].

Согласно статистическим данным Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС) [3, 4] ежегодно доля очищенных сточных вод изменяется в различных направлениях в пределах от 44 до 46 %.

На загрязнение сточных вод оказывают влияние антропогенные факторы. Они очень разнообразны и влекут за собой образование в стоках комплексных и в различных концентрациях механических, химических и биологических примесей. Таким образом, проблема очистки хозяйственно-бытовых и промышленных стоков до требований ПДК является актуальной.

Одним из перспективных методов доочистки сточных вод является использование высших водных растений (макрофитов), представляющих мощные фильтры, способствующих тотальной очистке водных растворов [5, 6]. Макрофиты влияют на химические и физические свойства воды, выполняя роль биологических фильтров во время самоочистки природных водных объектов [7]. Некоторые виды высших водных растений возможно использовать в качестве биоиндикаторов в чистых водах [8], а также с их помощью определять характер и степень антропогенного воздействия [9, 10].

Целью данной работы является определение эффективности очистки сточных вод хозяйственно-бытового назначения с помощью высшего водного растения эйхорнии.

Согласно данным патентного поиска и научной литературы установлено, что для доочистки промышленных и хозяйственно-бытовых стоков используется более 30 видов высшей водной растительности. Данный метод биологической очистки был внедрен на территории СНГ. Наиболее часто для очистки сточных вод в биопрудах от органических соединений и минеральных солей используются тростник обыкновенный, рогоз узколистный, камыш озерный [11], ежеголовник ветвистый, сусак зонтичный, осока водная, элодея канадская, уруть мутовчатая, роголистник погруженный [12], ряска малая, рдест блестящий [13].

Водяной гиацинт или эйхорния отличная (*Eichornia crassipes*) – теплолюбивое южное водное растение семейства Понтедериевые. Мощная корневая система эйхорнии обладает способностью всасывать из водной массы все минеральные и органические вещества. Именно благодаря этому свойству, а также высокой скорости клонального размножения и быстрому накоплению

биомассы можно применять водяной гиацинт в качестве «пылесоса» для очистки водоемов и сточных вод. Эффективность применения эйхорнии была замечена еще в 90-е годы прошлого столетия в России.

С учетом климатических особенностей Астраханского региона для доочистки стоков предлагается использовать водный гиацинт эйхорнию.

Для применения водного гиацинта с целью доочистки стоков значения концентраций в очищаемых водах не должны превышать допустимых (табл. 1) [14].

Таблица 1

Допустимые значения концентраций в стоках, очищаемых Эйхорнией [14]

Загрязняющее вещество	Единицы измерения	Концентрация
Химическое потребление кислорода (ХПК)	мгО ₂ /л	До 900
Биологическое потребление кислорода (БПК)	мгО ₂ /л	До 400
ННЗ (аммиак)	мг/л	До 60
Фосфаты	мг/л	До 18
Железо	мг/л	До 22
Щелочность	мг/л	До 17
СПАВ	мг/л	До 14
Сульфиды	мг/л	До 21
Нефтепродукты	мг/л	До 25
Фенолы	мг/л	До 340

Для проведения модельного эксперимента в лабораторных условиях с целью определения эффективности доочистки стоков водным гиацинтом была использована сточная вода, прошедшая основную очистку на канализационных очистных сооружениях (КОС) г. Астрахани. В состав сооружений входят сооружения механической очистки (входная камера, решетки, песколовка, первичный отстойник, сооружения для обеззараживания воды) и биологические пруды.

В таблице 2 представлена эффективность очистки КОС в период апрель-декабрь 2020 г. по показателям после механической очистки.

Проанализировав показатели сточных вод после основной очистки, были отмечены изменения концентраций загрязняющих веществ в зависимости от сезонно-временного периода (рис. 1–4).

Таблица 2

Эффективность очистки сточных вод на действующих очистных сооружениях

Показатель	Эффективность очистки, %
Взвешенные вещества, мг/л	52,18
БПК, мг/л	46,95
Сухой остаток, мг/л	38,05
Хлориды, мг/л	44,25
Сульфаты, мг/л	39,05
Нитриты, мг/л	47,65
Фосфаты, мг/л	48,08
Нефтепродукты, мг/л	45,57
ХПК, мгО ₂ /л	54,51
СПАВ, мг/л	46,69
Железо, мг/л	48,42

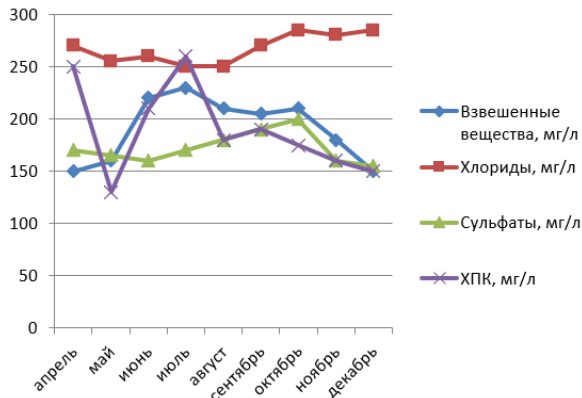


Рис. 1. Изменение концентрации в стоках взвешенных веществ (мг/л), хлоридов (мг/л), сульфатов (мг/л), ХПК (мг/л)

Согласно данным, представленным на рисунке 1, наблюдается рост концентрации в сточной очищаемой воде взвешенных веществ в период с мая по ноябрь. Концентрация хлоридов в теплый период снижается, весь весенний период и до ноября содержание сульфатов в воде возрастает. ХПК имеет тенденцию к росту в первой половине весеннего и летнего периодов (рис. 2).

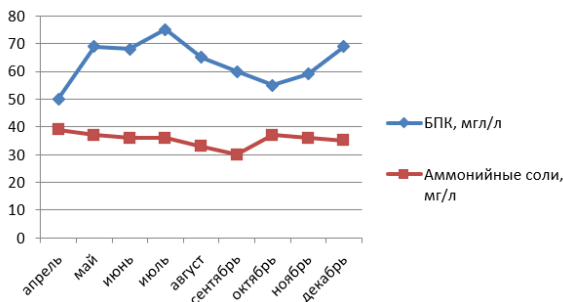


Рис. 2. Изменение концентрации в стоках аммонийных солей (мг/л), БПК (мгО₂/л)

В период с апреля по ноябрь наблюдается резкое увеличение концентрации БПКполн, отмечен спад на протяжении всего теплого периода концентраций аммонийных солей, рост с наступлением осени (рис. 3).

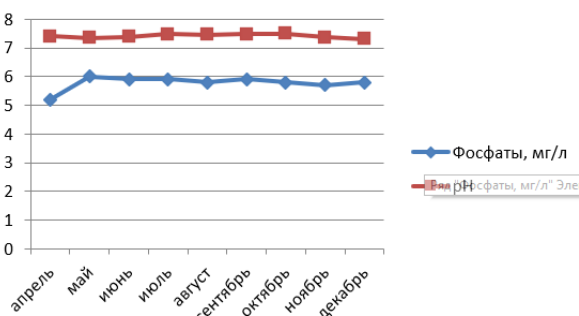


Рис. 3. Изменение концентрации в стоках водородного показателя рН, фосфатов (мг/л)

Повышение водородного показателя наблюдается в летне-осенний период. Высокие показатели концентрации фосфатов (рис. 3) сохраняются на протяжении всего теплого периода до декабря, с приходом холодов они снижаются до начала весеннего периода.

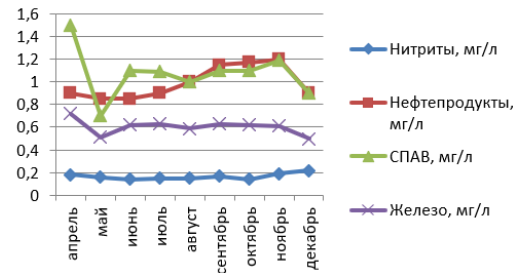


Рис. 4. Изменение концентрации в стоках нитритов (мг/л), нефтепродуктов (мг/л), СПАВ (мг/л), железо (мг/л)

Существенные увеличения содержания нитритов отмечены с ноября по май, в период с июня по октябрь концентрации нитритов более низкие и стабильные (рис. 4). Наибольшее возрастание концентрации нефтепродуктов в стоках приходится на период с августа по ноябрь. Концентрация железа заметно снижается с декабря, а наибольший скачок приходится на весенний период. На графике видно (рис. 4), что показатели СПАВ возрастают в первой половине весеннего и летнего периода.

Фактические показатели эффективности КОС ниже, чем предполагалось. Исходя из литературных изысканий, механическая очистка должна быть эффективна в среднем на 60 %. По данным регламента КОС эффективность по взвешенным веществам должна составлять в среднем 58–59 %. Следовательно, стоки, направленные для доочистки на биопруд, содержат концентрации загрязнителей выше допустимых.

Установлено, что большее количество сточных вод приходится именно на теплый период года, соответственно и нагрузка на очистные сооружения увеличивается. В результате анализа данных по показателям состава сточных вод можно сделать вывод, что концентрация большинства загрязняющих веществ возрастает именно в теплый период.

Для повышения качества очистки воды предлагаем использовать водный гиацинт (эйхорнию) совместно с камышом, применяемым на биопрудах станции. Это позволит повысить эффективность доочистки стоков на действующих очистных сооружениях.

Модельный эксперимент осуществлялся в лабораторных условиях. Для его проведения использовались сточная вода, отобранная на КОС, аквариумы в объеме 30 дм³, в которые высаживались растения в количестве двух розеток (рис. 5).



Рис. 5. Подготовка растений к экспериментальным исследованиям

В ходе экспериментальных исследований производились измерения основных показателей очищаемых стоков (табл. 3).

В ходе проведения модельного эксперимента было установлено, что интенсивное очищение стоков от токсичных загрязнений происходит в первые двое суток, во время прохождения актив-

ной сорбции взвешенных веществ и нерастворимых остатков на корневище водного гиацинта. На корневище растения осаждаются нерастворимые вещества, создавая рыхлый слой. В следующие сутки интенсивность очистки снижалась скорее всего из-за уменьшения площади корневой поверхности растений.

Таблица 3

Показатели исследуемой воды и результаты экспериментального исследования

Показатель	До начала проведения эксперимента	контроль	После проведения эксперимента	Результат очистки, %
Взвешенные вещества, мг/л	168,67	168,67±0,02	17,12	89,85
БПК, мг/л	67,67	67,67±1,87	3,24	95,21
Хлориды, мг/л	247,67	247,67±1,18	80,98	67,30
Сульфаты, мг/л	174,33	174,33±5,2	72,34	58,50
Аммонийные соли, мг/л	37,33	37,33±0,98	3,06	91,80
Нитриты, мг/л	0,14	0,14±0,007	0	100,00
Фосфаты, мг/л	6,07	6,07±0,002	0,38	93,74
Нефтепродукты, мг/л	0,90	0	0	100,00
ХПК, мг/л	228,33	228,33±11,41	47,7	79,11
СПАВ, мг/л	1,17	0	0,1	91,45
Железо, мг/л	0,62	0	0,08	87,10
Сухой остаток, мг/л	1091,67	1091,67±54,58	26,41	97,58

Вывяснено, что условия опыта оказались пригодными для роста и жизнедеятельности растения; наблюдалось динамичное развитие корневой системы с хорошо разветвленными придаточными корнями. Длина корней у эйхорнии в лабораторных условиях достигала 43 ± 2,2 см.

В ходе лабораторных исследований отмечено, что минерализация, несмотря на замедление, не завершалась. Можно предположить, что микрофлора ризосферы играет большую роль, оказывая значительное влияние на процесс очистки сточных вод от органических загрязнений. Возможно, ризосферные микроорганизмы способствовали активному поглощению растениями питательных веществ во время размножения на корневой поверхности, питаясь их выделениями.

В процессе жизнедеятельности микроорганизмы могут выделять физиологически активные вещества типа витаминов и ауксинов, которые способствуют усилению питательной функции корневища растения и активируют процессы обмена. В результате этих взаимодействий образуется консорциум: высшее растение – микроорганизмы. Каждый из них выполняет свои функции в процессе доочистки сточных водных масс. Эйхорния выполняла функцию сорбента, поглощающего на поверхности корней токсичные вещества, а микроорганизмы за счет минерализации органических соединений продолжали процесс поглощения. В прикорневой зоне растения отмечен рост общего количества микроорганизмов на несколько порядков по сравнению с ризосферой (табл. 4).

Таблица 4

Численность микрофлоры в ризосфере эйхорнии отличной (кл / 1 г влажных корней)

Микроорганизмы	Ризосфера	Прикорневая микрофлора	Корневая микрофлора
Эйхорния отличная			
Гетеротрофы	8,7 × 10 ³	2,5 × 10 ⁸	6,0 × 10 ³
Микробактерии и актиномицеты	1,3 × 10 ⁴	1,3 × 10 ⁸	4,2 × 10 ⁴
УОМ	4,4 × 10 ⁵	4,1 × 10 ⁸	4,7 × 10 ⁷

Основная численность микроорганизмов приходилась на поверхность корневища эйхорнии. Снижение титра микроорганизмов происходило по мере удаления от ризосферной зоны.

Еще один важный фактор, влияющий на процесс очистки – температура. Так как биопруд имеет большую поверхность, контактирующую с атмосферным воздухом, то температура воды и, соответственно, эффективность очистки напрямую зависят от наружной температуры. В условиях засушливого и теплого климата большую часть года преобладают благоприятные температуры, влияющие на эффективность очистки на биопрудах.

Таким образом, можно сделать вывод, что результатом применения эйхорнии является значительное сокращение содержания загрязняющих веществ в составе стоков. Наибольшая эффективность доочистки сточных вод происходит при использовании консорциума растений, который включает в себя экологические группы: прибрежные, закрепленные в грунте берегов (в данном случае камыш), плавающие на поверхности (водный гиацинт) и произрастающие в толще воды.

Выводы

В результате экспериментальных исследований была установлена эффективность применения водного гиацинта для доочистки сточных вод:

- растение легко и быстро адаптируется в водоёме, не требуя сложных специальных установок;
- прибрежная и водная растительность благоприятно реагирует на внедрение водного гиацинта, также как и гиацинт на нее, что доказывает возможность применения камыша и эйхорнии совместно на станции очистки стоков;

• показатели качественного состава сточных вод соответствуют требованиям СанПиН 2.1.5.980-00 «2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод»¹.

Список литературы

1. Моисеенко, Т. И. Воздействие токсичного загрязнения на популяции рыб и механизмы поддержания численности [Текст] / Т. И. Моисеенко // Экология. - 2010. - N 3. - С. 199-206. - Библиогр.: С. 205-206. - ISSN 0367-0597.
2. Титова В.И., Дабахова Е.В. Охрана окружающей среды: Учебное пособие / Нижегородская гос. сельскохозяйственная академия – Н. Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии гос. службы, 2003. – 213 с.
3. Использование свежей воды по Российской Федерации [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ke4ytTWT/oxr_vod1.xls.
4. Официальные статистические показатели [Электронный ресурс] / ЕМИСС. URL: <https://www.fedstat.ru/>.
5. Цингер А.В. Занимательная ботаника. -М.:Советская наука, 1954.-С.12-13.
6. Одум Ю. Основы экологии. - М.:Мир, 1975.-С.97-98.
7. Свириденко Б.Ф. Флора и растительность водоемов Северного Казахстана. - Омск, 2000.- 205с.
8. Быков Б.А. Геоботаника. - Алма-Ата:Наука, 1978.- 352с.
9. Доброхотова К.В., Ролдугин И.И., Доброхотова О.В. Водные растения. - Алма-Ата:Кайнар, 1982.-192с.
10. Воронихин Н.Н. Растительный мир континентальных водоемов. -М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1960.-С.220-221
11. Пономарев В.Г., Иоакимис Э.Г., Монгайт И.Л. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. -М.: Химия, 1985.- 256с.
12. А.С. 918277. СССР. Способ очистки сточных вод в биологических прудах. / Н.В. Морозов, В.Н. Николаев, Р.П. Петрова, Г.М. Ахмадиев; опубл. 12.11. 1982, Бюл. №13.-2:сил.
13. А.С. 13449588. СССР. Устройство для биологической очистки воды водоемов и водотоков./ А.В. Ильевский, В.Н. Сотников, А.Н. Фалалеева; опубл. 15.10.1987, Бюл. № 39.-2:сил.
14. Информационный обзор способа очистки (доочистки) вод с применением эйхорнии (водного гиацинта) [Электронный ресурс] / КФХ «Ессентуки». URL: <http://essentuki.com/index.html>

© Г. Б. Абуова, А. Э. Харламова, А. С. Сардина

Ссылка для цитирования:

Абуова Г. Б., Харламова А. Э., Сардина А. С. Эффективность применения водного гиацинта (*eichornia crassipes*) при доочистке сточных вод // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 1 (39). С. 33–37.

УДК 625.85.06
DOI 10.52684/2312-3702-2022-39-1-37-41

ABCD – МЕТОД ОЦЕНКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПОВЕДЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ВЯЖУЩИХ

Д. Ю. Небратенко

Небратенко Дмитрий Юрьевич, кандидат химических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты», Российский университет транспорта (РУТ МИИТ), г. Москва, Российская Федерация, e-mail: nebratenko@mail.ru

В статье изложены результаты применения нового метода определения температуры растрескивания битумных вяжущих (ABCD), позволяющего в экспериментах, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации, оценивать влияние природно-климатических показателей на комплекс низкотемпературных свойств вяжущих и покрытий на их основе. Метод ABCD принят в качестве национального стандартного метода испытаний низкотемпературных свойств битумных, прежде всего полимерно-битумных вяжущих в Европе, Северной Америке и России. Отражены результаты количественного определения прямым методом эксплуатационных показателей (температуры растрескивания) битумных, вяжущих различного состава при пониженных температурах. Полученные данные показали существенную взаимосвязь низкотемпературных показателей вяжущих со строением и структурой использованных линейных и радиальных бутадиен-стирольных термоэластопластов.

Ключевые слова: метод определения температуры растрескивания битумных вяжущих (ABCD), полимерно-битумные вяжущие (ПБВ), бутадиен-стирольные термоэластопласты (SBS-полимеры).

ABCD – A METHOD FOR EVALUATING THE LOW-TEMPERATURE BEHAVIOR OF ROAD BINDERS

D. Yu. Nebratenko

Nebratenko Dmitriy Yuryevich, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department "Automobile roads, airfields, bases and foundations", Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russian Federation, e-mail: nebratenko@mail.ru

The paper presents the results of a new method for determining the cracking temperature of bituminous binders (ABCD), which allows in experiments, as close as possible to real operating conditions, to assess the influence of natural and climatic parameters on the complex

¹СанПиН 2.1.5.980-00. «2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод». – Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22 июня 2000 г.