

## РАЗДЕЛ IV. ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ОБЛАСТИ КУЛЬТУРЫ, СПОРТА И ТУРИЗМА

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДОЕМОВ ОТ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ И ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ С ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ УТИЛИЗАЦИЕЙ БИОМАССЫ



**Жукина Татьяна Васильевна**

К. т. н., доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства  
Воронежского государственного технического университета



**Миляева Анастасия Владимировна,**

Воронежский государственный технический университет

**Аннотация.** В качестве решения существующей проблемы стремительной эвтрофикации водных объектов предлагается разработать систему локальной очистки водоемов на основе использования фильтров с поглощающей насадкой из измельченного тростника. Биологически чистый фильтр на основе тростника в составе установки позволяет осуществить экологически безопасную утилизацию насадки. Использование установки предполагает комплексное воздействие на очищение водоемов, так как будет проводиться улавливание мусора, цианобактерий и вредных веществ, не только за счет применяемой установки, но и за счет усиления естественной способности обновленного тростника поглощать из воды загрязняющие и биогенные элементы (азот, фосфор, калий, кальций, магний, марганец, серу). Собранная биомасса может быть использована в дальнейшем либо для обогащения почвы из-за большого количества питательных элементов в качестве удобрения, либо для производства биотоплива, что позволит уменьшить выброс вредных веществ в атмосферу.

**Ключевые слова:** очистка водоемов, тростник, сине-зеленые водоросли, биогаз, удобрение, биологически чистый фильтр

**Annotation.** As a solution to the existing problem of rapid eutrophication of water bodies, it is proposed to develop a system of local water purification based on the use of filters with an absorbing nozzle made of crushed reeds. A biologically pure reed-based filter in the unit allows for environmentally safe disposal of the nozzle. The use of the plant assumes a complex effect on the purification of reservoirs, since garbage, cyanobacteria and harmful substances will be captured, not only due to the installation used, but also by enhancing the natural ability of the updated cane to absorb polluting and biogenic elements from the water (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, manganese, sulfur). The collected biomass can be used in the future either to enrich the soil due to the large number of nutrients as a fertilizer, or for the production of biofuels, which will reduce the emission of harmful substances into the atmosphere.

**Keywords:** water purification, reeds, blue-green algae, biogas, fertilizer, biologically pure filter

#### Введение

Возрастающее потребление ресурсов, полезных ископаемых, пресных вод и активная производственная деятельность сопровождается увели-

чением антропогенной нагрузки на окружающую среду, поэтому все большее внимание уделяется снижению выбросов различных вредных веществ в атмосферу, переходу предприятий на безотходное

или малоотходное производство, повышению эффективности очистных сооружений для сточных вод. В связи с этим возникает потребность в рассмотрении различных методов и поиске технологических способов, направленных на решение поставленных задач, среди которых одной из главных является снижение уровня загрязнения водных объектов на территории РФ.

Для г. Воронежа основными водными объектами являются Воронежское водохранилище и реки Усмань, Дон. Руслу перечисленных водных ресурсов характеризуются значительной протяженностью в сильно урбанизированном регионе, что обуславливает относительно высокий уровень их загрязнения и низкую гигиеническую безопасность. Одним из наиболее весомых факторов загрязнения является то, что весь объем сточных вод общегородской канализационной сети после очистных сооружений (ОС) сбрасывается в Воронежское водохранилище и реку Дон. При этом стоки правобережной части города отводятся в р. Дон в объеме 400 тыс. м<sup>3</sup>/сут., а левобережной части – в Воронежское водохранилище в объеме 305 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Основным приемником несанкционированных сточных вод, отводимых в локальные канализационные системы, является Воронежское водохранилище. Анализ гидрохимического состояния воды Воронежского водохранилища и р. Дон в контрольных створах на 500 м ниже сбросов Левобережных (ЛОС) и Правобережных очистных сооружений (ПОС) показывает, что уровень очистки сточных вод недостаточен. Это подтверждают данные исследования проб вод, сбрасываемых ООО «ЛОС» в Воронежское водохранилище, и ООО «РВК-Воронеж» – в р. Дон. При сбросе загрязняющих веществ через выпуски локальных очистных сооружений наблюдаются превышения 10 из 14 целевых показателей [11, 12].

Стоки ОС, содержащие большое количество органики, способствуют стремительному росту сине-зеленых водорослей (СЗВ). Основным источником питания для СЗВ являются солнечный свет, углекислый газ, азот и фосфор. При наличии в воде органических веществ они используют их в качестве питательной среды, как дополнительные источники энергии. Количество СЗВ, находящееся в пределах нормы, оказывает только положительное влияние на состояние воды. При активном неконтролируемом росте уменьшается содержание кислорода в воде, повышается уровень донного осадка, возникают неприятный запах и периодические заморы речной фауны. Отсутствие эффективных бюджетных способов борьбы с СЗВ осложняет экологическое состояние искусственно созданных водоемов.

В качестве решения существующей проблемы предлагается разработать систему локальной очистки водоемов на основе использования фильтров с поглощающей насадкой из измельченного тростника. При предлагаемой схеме очистки будет решаться несколько проблем одновременно: сбор СЗВ, очистка воды от вредных веществ, раци-

ональное использование тростника и очистка берегов от него, экологически безопасная утилизация полученной биомассы посредством производства биогаза или внесения в почву в качестве удобрения.

Целью разработки является создание системы локальной очистки водных объектов.

Задачами локальной системы очистки являются: удаление из водоемов и улавливание на фильтре сменным и утилизируемом картриджем сине-зеленых водорослей; очистка водной среды от вредных веществ и ионов тяжелых металлов (медь, цинк, свинец); экологически безопасная утилизация сменных картриджей.

К ожидаемым элементам научной новизны разработки относятся:

- совокупность научно-прикладных подходов к моделированию улавливания и утилизации водной растительной биомассы;
- модернизация технологических процессов улавливания и утилизации сине-зеленых водорослей и тростника, либо других жестких форм ихтифлоры;
- математические модели процессов локальной очистки водоемов и утилизации полученной биомассы;
- инновационные технические решения для очистки водоемов и утилизации собранной биомассы;
- методика оценки технико-экономической эффективности аэробного сбраживания фитопланктона.

#### Основные сведения о разработке

Для осуществления очистки водоемов от СЗВ и вредных веществ (Cu, Zn, Pb и т.п.) предлагается установка (рис. 1), которая представляет собой малогабаритное мобильное судно или автономный плот 1, на котором будет размещаться система улавливания СЗВ. На палубе 1 установлены насос 2 и фильтр или массив фильтров, обвязанные трубопроводом 5. Для забора концентрированной биомассы с поверхности воды предусмотрен зонт 6 со щелевыми отверстиями. Фильтр состоит из трех слоев: ситовой ткани на входе и выходе воды 4, сменного картриджа с наполнителем из тростника 3. Он так же имеет бак 7 для предварительного сбора биомассы. Для автономной работы системы очистки насос должен иметь сменный аккумулятор.

Эксплуатация предлагаемой установки должна осуществляться в период вегетации сине-зеленых водорослей, то есть в летний и осенний сезоны при температуре воздуха, благоприятной для роста фитопланктона.

Для обустройства судна потребуются: аккумуляторный насос малой мощности; трубопроводы и зонт, выполненные посредством вторичной переработки полимеров, фильтр со сменным картриджем из тростника, расположенным между ситовыми тканями и баком для отфильтрованной биомассы.

Поскольку основная цель предлагаемой системы очистки состоит в сборе сине-зеленых водорослей (СЗВ), то ежедневная эксплуатация установки в теплый период года должна осуществляться во вре-

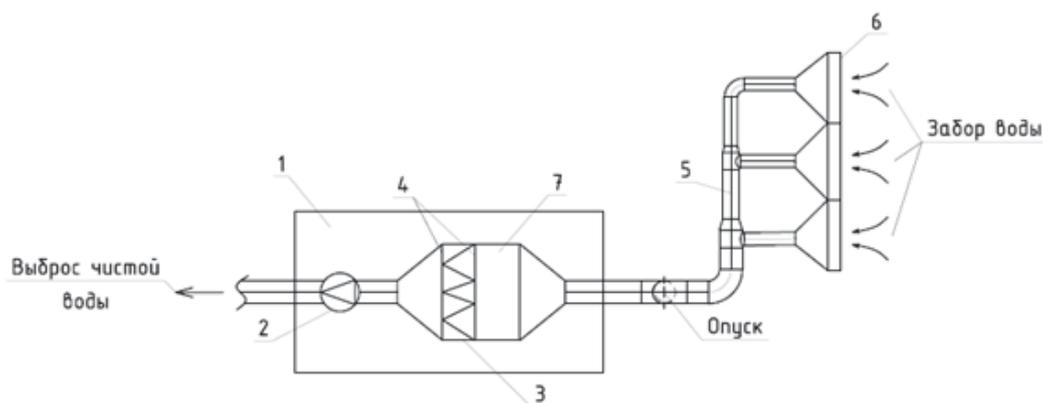


Рис. 1. Установка для очистки водоемов:

1 – палуба, 2 – насос, 3 – сменный картридж с наполнением из измельченного тростника, 4 – ситовая ткань, 5 – трубопровод, 6 – зонт для забора воды, 7 – бак для отфильтрованной биомассы

менной промежуток, когда цианобактерии всплывают к водной поверхности, а именно с 10:00 до 16:00 часов. В этом случае общее время работы в сутки будет составлять 6 часов.

Как показало проведенное ранее экологическое обследование Воронежского водохранилища, наблюдается повышенное содержание меди и цинка, превышающее в 39 и 5 раз ПДК соответственно. Только с левобережных очистных сооружений ежегодно поступает 4,17 т меди и 4,39 т цинка [13, 14, 15]. В связи с этим установка должна содержать сменный картридж из тростника, который позволил бы сорбировать, в том числе, и вышеперечисленные вредные вещества.

Заготовка для этих целей тростника не осложняется ограничением в его количестве. В Воронежской области протекает 125 рек, из которых 53 с устойчивым водным режимом в течение всего года и 72 с эпизодическим непостоянным течением, которые в отдельные засушливые годы пересыхают в межень. Имеющиеся достаточно обширные мелководья активно зарастают тростником, поэтому в регионе насчитывается более 4 тыс. га данного вида жестких водорослей. Как правило, камыш сжигается на месте произрастания или же вовсе не подлежит уборке, чем способствует еще большей эвтрофикации водоемов [5].

Территория Воронежской области богата зарослями камыша, наибольшие его площади сосредоточены в Острогожском, Лосевском и других районах. На данный момент в основном его утилизируют без дальнейшего использования, не смотря на то, что он является не только энергетическим сырьем для производства топлива, но и достаточно часто применим в качестве строительного материала.

Крупные гидрофиты, такие как тростник в процессе их жизнедеятельности способны извлекать из воды в больших количествах биогенные элементы (N, P, Ca, K, Na, S, Fe) и этим значительно снижать степень эвтрофикации водоемов. Густая зрелая заросль тростника может аккумулировать в урожае биомассы на 1 га до 6 т различных минеральных веществ, в том числе K – 859 кг, N – 167 кг, P – 122 кг, Na – 451 кг, S – 277 кг и

кремния – 3672 кг, что указывает на специфическую потребность тростника в этих элементах, придающих прочность стеблям и другим тканям. Но тростник выполняет очистительные функции в водоеме лишь при условии, что его заросли будут обновляться каждый год посредством выкашивания. Вовремя удаляя такой вид жестких водорослей, перемалывая и заполняя картриджи фильтров, а затем посредством плавающих станций собирая фитопланктон и сорбируя другие примеси можно улучшить среду обитания для речной флоры.

В 2019 г. наблюдалось повышенное содержание биогенных веществ в Воронежском водохранилище, что вызвало стремительный рост цианобактерий. Из-за содержания в воде достаточно высокого уровня фосфатов, 1,19 г/м<sup>3</sup>, биомасса фитопланктона может увеличиваться за сезон с 0,4 до 20 г/м<sup>3</sup> [16]. При таком быстром росте цианобактерии также стремительно отмирают, что негативно влияет на среду обитания ихтиофауны и как следствие происходит ее замор. Поэтому целесообразно по мере образования осуществлять сбор фитопланктона, не допуская его дальнейшего разложения в водохранилище.

Для конструктивного исполнения мобильной локальной системы очистки воды зададимся следующими условиями: производительность установки 50 м<sup>3</sup>/ч, радиус сменного картриджа 0,3 м, скорость течения воды в свободном сечении фильтра может иметь значение в пределах 0,1-0,5 м/с [6, 7, 8]. В качестве параметров, характеризующих загрязнение воды, принимаются данные из доклада о природоохранной деятельности Воронежского округа.

Для заправки сменного картриджа потребуются тростник, заготовленный в период с февраля по март. Именно в это время он содержит минимальное количество влаги (6–12%), что повышает его сорбционную способность. Для укладки в картридж он должен быть измельчен на фракции 5-10 мм. Целесообразно этот процесс при возможности выполнить посредством мелкой рубки стволов. В этом случае при заполнении картриджа кольцами из тростника будет обеспечена достаточная пористость, позво-

ляющая увеличить срок использования одноразовой насадки.

Собранную концентрированную биомассу СЗВ можно направлять для анаэробного сбраживания в метантенки городских очистных сооружений или в отсутствие таковых при минимальном количестве вредных веществ вносить в почву в качестве удобрения, поскольку они богаты питательными элементами. Учитывая все в совокупности данный проект будет способствовать комплексному очищению водоемов от вышеуказанных вредных веществ не только, непосредственно самой установкой, но и усилением естественных свойств тростника, произрастающего на побережьях водоемов. Дальнейшую утилизацию собранной водной биомассы предпочтительней производить в биогазовой установке [9, 10]. Преимущество описанного полного цикла очистки заключается в том, что происходит комплексная утилизация биомассы с наименьшим количеством остаточных продуктов, качественная очистка воды с минимальными затратами, при которой исключаются выделения вредных с резким запахом веществ, повышается выход биогаза из метантенков.

#### Расчет теоретической эффективности фильтрующей установки

Так как в период вегетации количество сине-зеленых водорослей достигает  $20 \text{ г/м}^3$ , то в объеме перекачиваемой воды  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ , будет содержаться 1 кг водорослей.

Количество обработанной воды за сутки с учетом шести часового рабочего периода системы очистки определяем по формуле:

$$L_{\text{сут}} = L \cdot T,$$

где  $L$  – количество отработанной воды за 1 час,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$T$  – время работы установки, ч.

$$L_{\text{сут}} = 50 \cdot 6 = 300 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Тогда масса собранных водорослей за сутки в соответствии с выражением:

$$N = L_{\text{сут}} \cdot m_1,$$

где  $m_1$  – масса цианобактерий в единице объема,  $\text{г/м}^3$ .

Достигнет значений  $N = 300 \cdot 20 = 6 \text{ кг/сут}$ .

В результате в течение сезона, то есть за 5 месяцев будет собрано 918 кг/год.

Поскольку в фильтре содержится 2 кг тростника, и он обладает сорбирующей способностью на 1 кг: 7,3 г меди, 2,8 г цинка и 4,3 г свинца, то при трехразовой смене картриджа за сутки получим массу вредных веществ [1, 2, 3], сорбируемых фильтром:

$$M_c = m_{c,i} \cdot m_{\text{мп}} \cdot k,$$

где  $m_{c,i}$  – масса вещества, сорбируемого 1 кг тростника,  $\text{г/кг}$ ;

$m_{\text{мп}}$  – масса тростника,  $\text{кг}$ ;

$k$  – количество картриджей, используемых в рабочее время, шт.

Для меди:  $M_c = 7,3 \cdot 2 \cdot 3 = 43,8 \text{ г}$ .

Для цинка:  $M_c = 2,8 \cdot 2 \cdot 3 = 16,8 \text{ г}$ .

Для свинца:  $M_c = 4,3 \cdot 2 \cdot 3 = 25,8 \text{ г}$ .

В течение сезона работы (5 месяцев) будет собрано 6,701 кг/год меди, 2,57 кг/год цинка и 3,95 кг/год свинца.

Перечисленное количество уловленных вредностей относится к одной системе очистки. При обширном и протяженном водоеме может быть использовано несколько установок.

В настоящее время единственным методом борьбы с сине-зелеными водорослями в Воронежском водохранилище является зарыбление водоема. Но исходя из реального состояния экологической обстановки можно сделать вывод о том, что этот метод не эффективен.

Применение разрабатываемой в проекте фильтрующей установки позволит сократить расходы на улучшение экологического состояния водоема. В процентном соотношении выразить экономическую эффективность затруднительно, поскольку отсутствуют данные по затратам на действующие меры, направленные на улучшение экологического состояния водоема.

#### Выводы

Своевременный сбор биомассы и дальнейшая ее утилизация позволяют, прежде всего, устранить неприятный запах в районе водохранилища, что повышает уровень жизни населения, а так же сохранить рыбный баланс, повторно использовать воду в рыбном хозяйстве, повысить количество производимого биотоплива на биогазовых станциях и получить богатый минеральными веществами дигестат.

Применение предлагаемых фильтрующих установок направлено на снижения уровня биогенного загрязнения Воронежского водохранилища. Учитывая имеющиеся сооружения социального назначения, находящиеся рядом с водоемом, своевременная очистка прибрежных территорий позволит увеличить приток людей на эти объекты. Также будет происходить очистка рек от тростника, что будет способствовать привлечению туристов, для отдыха на природе.

При проведении дальнейших исследований предполагается совершенствование как технических, так и технологических решений на основе проверки эффективности по сравнению с аналогами.

#### Список литературы

1. СНиП 2.04.02-84\*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1998. – 128 с.
2. Приказ Минприроды РФ от 13.04.2009 N 87 «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства»/ Минюст РФ 25.05.2009 N 13989. – 36 с.
3. СП 131.13330.2012 Строительная климатология / Минрегион России. – М.: Аналитик, 2012. – 109 с.
4. Водозаборные сооружения: метод. указ. / сост. Л.Р. Ланге; СибГИУ. – Новокузнецк, 2006. 36с.

5. Федеральный закон от 28.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
6. **Шевелев В.А.** Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб / В.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1984. – 116 с.
7. **Тугай А.М.** Расчет и конструирование водозаборных узлов / А.М. Тугай. – К.: Будивельник, 1978.
8. Очистка природной воды: метод. указ. / сост. Б.М. Гохман, Л.Р. Ланге. – Новокузнецк: СибГИУ, 2005. – 48 с.
9. **Маслова Т.О.** Энергосбережение в жилищном фонде / Т.О. Маслова, И.С. Курасов, Г.Н. Мартыненко // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2018. – №1(10). – С. 20-31.
10. **Щербаков В.И.** Интенсификация утилизации органических осадков сточных вод для производства биогаза / В.И. Щербаков, Н.В. Кузнецова, Т.В. Шукина // Естественные и технические науки. – 2014. – № 11-12. – С. 387-390.
11. **Миляева А.В.** Перспективы применения биогазовых технологий для очистных сооружений г. Воронежа / А.В. Миляева, Т.В. Шукина, Е.С. Исаева // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации, 2019, №3(16). – С.36-41.
12. Доклад о природоохранной деятельности городского округа город Воронеж в 2017 году / Управление экологии администрации городского округа город Воронеж. – Воронеж: 2018. – 58 с.
13. Мини-ТЭС на биогазе: опыт МГУП [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.combienergy.ru/stat/1051-Mini-TEs-na-biogaze-opyt-MGUP-Mosvodokanal>.
14. **Мартыненко Г.Н.** Возможности использования экологически опасных отходов жизнедеятельности в биогазовых установках / Г.Н. Мартыненко // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2014. – Т. 2. № 4(17). – С. 119-122.
15. Патент 60716 UA, А, 7C02F1/28,C02F1/62. Способ сорбционной очистки воды от тяжелых металлов путем контактирования их с материалом на основе растительного сырья, который отличается тем, что в качестве растительного сырья используют камыш/ «Институт сорбции и проблем эндокринологии национальной академии наук Украины», Шрамкова Т. Г., Денисова Т. И., Ковтун М. Ф., Швец Д. И. №2003021171; Заявлено 10.02.2003; Оpubл. 15.10.2003.; Бюл. № 10, 2003 г.
16. Особенности природы цианобактерий [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http://www.terrahumana.ru/arhiv/12\\_02/12\\_02\\_43.pdf](http://www.terrahumana.ru/arhiv/12_02/12_02_43.pdf).

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ НАБЕРЕЖНОЙ В Г. АЛУШТА



### Яковенко Наталья Евгеньевна

Старший преподаватель Академии строительства и архитектуры (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»



### Куприй Анна Петровна

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

**Аннотация.** Целью данной работы является создание концепции развития и реконструкции Центральной части набережной города Алушты в виде единого пространства, которое будет гармонично объединять территорию Приморского парка и городскую набережную. При разработке проекта была учтена специфика, исторический контекст и сложившееся функциональное зонирование территории. Реконструкция и благоустройство набережной города является остроактуальной на сегодняшний день.

**Ключевые слова:** архитектура, градостроительство, благоустройство, реконструкция, набережная.