

Список использованных источников

1. Вольнов, О. И. Стеклопластик. История развития, технология производства, формообразования деталей и современное применение / О. И. Вольнов, Д. О. Дудукин // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева – Нижний Новгород, 2014. – № 3 – С. 5.
2. Об утверждении, введении в действие общегосударственного классификатора Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 9 сентября 2019 г., № 3-Т // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Минск, 2023.
3. Промышленные полимерные композиционные материалы. Пер. с англ./ под ред. П.Г. Бабаевского – М.: Химия, 1980 – 472 с., ил. – Лондон: Эплайд Сайнес Паблишер, 1977.
4. Гутников, С. И. Стеклые волокна: учебн. пособие / С. И. Гутников, Б. И. Лазорьяк, А. Н. Селезнев. – М.: Московский гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, 2010. – 53 с.
5. Lees, K. (1968). Polym. Eng. Sci., 8, 195.
6. Harris, B. and Cawthorne, D. (1974). Plastics and Polymers, Oct., 209.

УДК 628.33

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО ПОЛИМЕРНО-ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ БОРЬБЫ С ЭВТРОФИКАЦИЕЙ ВОДОЕМОВ

**Шестакова А.А.^{1,2}, маг., Курсанова Е.А.¹, д.т.н., проф.,
Горин К.В.², к.т.н., с.н.с., Бешапошникова В.И.¹, д.т.н., проф.**

¹Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина

²НИЦ «Курчатовский институт»

^{1,2}г. Москва, Российская Федерация

Реферат. В статье рассмотрен вопрос распространения процесса эвтрофикации и её причин на территории Московской области. Представлено актуальное направление для борьбы с эвтрофикацией с помощью «зелёных» композитов. Рассчитаны коэффициенты весоности показателей качества материала и определены наиболее значимые. Получена функциональная зависимость сорбционной способности от основных параметров структуры композитных материалов по основным параметрам.

Ключевые слова: полимерно-текстильный материал, эвтрофикация, биоремедиация водоемов.

В условиях городской экосистемы поверхностные сточные воды испытывают антропогенную нагрузку. Степень антропогенного воздействия и концентрации элементов напрямую зависят от той территории, в пределах которой расположена река [1]. Характерными загрязняющими веществами для водных объектов бассейна р. Москвы являются соединения азота и фосфора, взвешенные органические минеральные вещества [2].

Среди различных индикаторов состояния городской среды, одним из самых информативных является снег, потому что он накапливает разные загрязняющие вещества и, исходя из анализа состояния снега, можно сделать выводы о качестве воды, попадающей через почву в подземные воды и затем в водоёмы. В настоящее время наиболее распространенным явлением стала эвтрофикация – обогащение водоема эвтрофицирующими элементами, стимулирующими рост цианобактерий и микроводорослей. Главной причиной этого стало усиленное применение азотных и фосфорных удобрений и моющих средств, и сброс в водоемы больших объемов химически загрязненных бытовых сточных вод [3, 4]. В связи с этим, решение экологической проблемы очистки водоемов является актуальной проблемой.

Различают два вида эвтрофикации: естественная (процесс природного старения водоемов) и антропогенная (процесс, который ускоряет естественную эвтрофикацию в десятки раз из-за деятельности человека). Графическое сравнение скоростей распространения разных видов эвтрофикации представлено на рисунке 1.

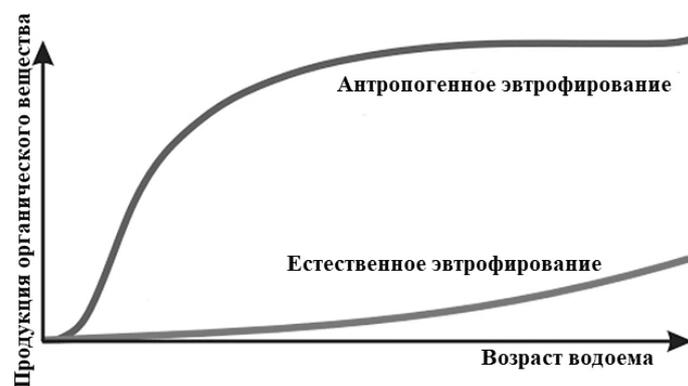


Рисунок 1 – Скорости распространения антропогенной и естественной эвтрофикации

Рассматривая борьбу с эвтрофикацией с помощью сорбентов, важно проанализировать уже существующие разработки материалов для очистки водоемов.

Материалы для иммобилизации микроорганизмов могут быть натуральными и синтетическими. Природные материалы (древесина, шерсть, минералы) являются нерастворимыми носителями, часто колонизируемыми микроводорослями в природе. Преимуществами натуральных носителей являются гидрофильность, биосовместимость, простота использования. Их недостатками являются плохая стабильность и высокая стоимость. Люфа, сфагнум, пластик, древесина, природные полисахариды (агар-агар, целлюлоза, альгинат, каррагинан, хитозан), синтетические полимеры (полиакриламид, полиуретан, полипропилен) чаще всего используется в качестве носителей для крепления микроводорослей [5].

Естественное прикрепление микроводорослей к твердым и гелевым поверхностям осуществляется химическими (ковалентное и ионное связывание) или физическими (электростатический, гидрофобный) механизмами. Термин «древесно-полимерные композиты (wood-plastic composites)» в современной зарубежной и отечественной литературе применяется к материалам, полученным из смеси органического термопластичного полимера и наполнителя растительного происхождения. Для получения древесно-полимерных композитов (ДПК, WPC) применяют разнообразные наполнители и термопластичные связующие. В качестве термопластичных связующих преимущественно используют бионеразлагаемые (non-biodegradable) синтетические полимеры этилена и пропилена, что приводит к неполной биodeградации ДПК на их основе [6].

В последнее время большое внимание уделяется организации производства и применению биоразлагаемых композитов («зелёных» композитов). Целлюлоза и хитозан – одни из самых распространённых натуральных полимеров, которые также являются и биоразлагаемыми. Для получения биоразлагаемых ДПК хитозан может использоваться в качестве полимерной матрицы, а целлюлоза для упрочнения материала и повышения его сорбционной способности (рисунок 2).

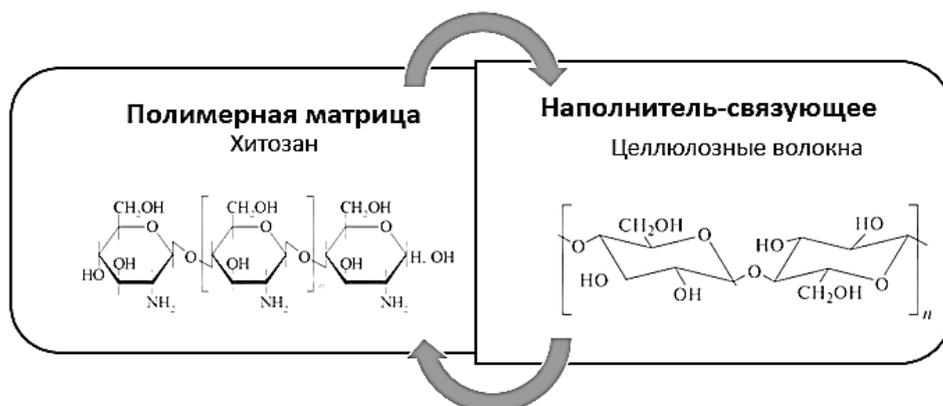


Рисунок 2 – Схема биоразлагаемого ДПК

На первом этапе исследования был проведен анализ значимости и весомости 25 различных показателей будущего материала методом экспертной оценки. Для этого разработали требования и создали группу экспертов из 10 специалистов. Разработали анкету, которая включала перечень всех показателей качества и свойств материалов, выбранных согласно требованиям стандартов. Каждый эксперт заполняет анкету самостоятельно и единолично. Ранговую оценку эксперт проводит путем присвоения каждому показателю ранга (целое число не превышающее общее количество показателей в анкете). Ранг 1 (т.е. первое место) присваивается наиболее значимому показателю качества, и далее по мере убывания их значимости значение суммы рангов возрастает. Обработку данных мнения экспертов осуществляли с помощью специального программного обеспечения на ПК. В результате обработки данных мнения экспертов установлено 14 значимых показателей качества волокнисто-полимерных сорбентов для эвтрофикации естественных водоемов, которые характеризуются коэффициентом весомости $b_i \geq 0,04$ (рисунок 3).

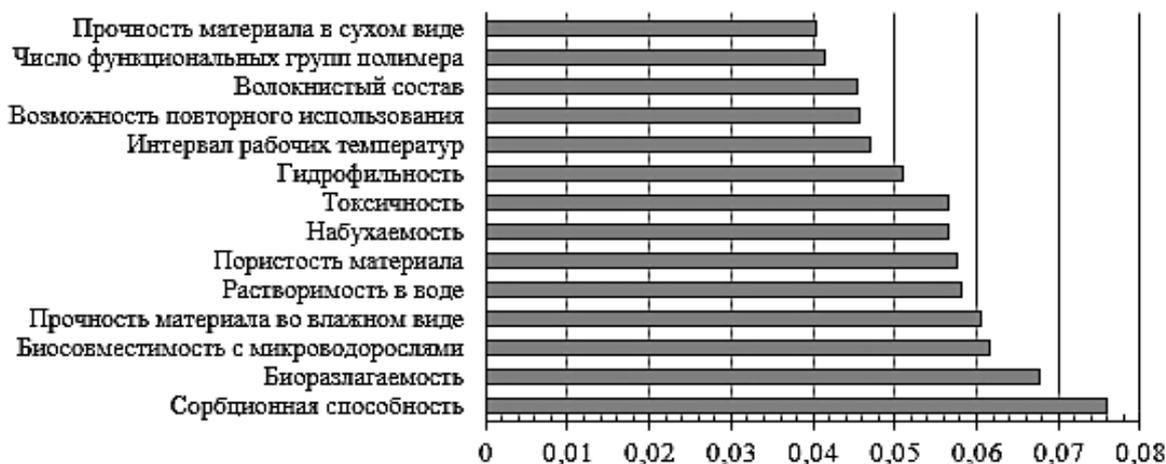


Рисунок 3 – Коэффициенты весомости показателей качества материала

На изучение данных показателей и будут направлены дальнейшие исследования.

Учитывая, что прогнозирование позволяет значительно снизить материальные и временные затраты на проектирование материалов и изделий с заданными показателями качества, в работе, используя теорию подобия и размерностей, получена функциональная зависимость сорбционной способности от основных параметров структуры и свойств волокнисто-композитных сорбционных материалов для эвтрофикации водоемов (формула 1).

$$V_n = \rho \cdot B \cdot P_p^2 \cdot d^3, \quad (1)$$

где V_n – сорбционная способность, $\text{кг}/\text{м}^2$; d – толщина материала, м; M_s – поверхностная плотность, $\text{г}/\text{м}^2$; ρ – плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$; B – жёсткость материала, сН; P_p – разрывная нагрузка сорбента, кгс.

Таким образом, в результате проведенных исследований определены значимые показатели качества волокнисто-композитных сорбционных материалов для эвтрофикации водоемов. Получена функциональная зависимость сорбционной способности от основных параметров структуры и свойств проектируемого волокнисто-композитного сорбента.

Список использованных источников

1. Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2019 году / Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы; ред.: А. О. Кульбачевский. – Москва, 2020. – 222 с.
2. Соколова, С. А. Комплексная оценка экологического состояния реки Москвы [Электронный ресурс] / С. А. Соколова, С. А. Мухамедзянова. – РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева. – Москва, 2020.
3. Качество поверхностных вод Российской Федерации за 2020 г. / Ростов-н-Д.: ГХИ, 2021. – 612 с.
4. Эвтрофикация как экологическая проблема. Актуальные проблемы строительства,

- ЖКХ и техносферной безопасности : материалы V Всеросс. Науч.-техн. конф., Волгоград, 23–28 апреля 2018 г. / редкол.: Н. Ю. Ермилова. – Волгоград.: Волгоградский государственный технический университет, 2018. – С. 85–87.
5. De-Bashan L.E. Immobilized microalgae for removing pollutants: review of practical aspects / L.E. De-Bashan, Y. Bashan. – Bioresour. Technol., 2010, Vol. 101, № 6, pp. 1611–1627.
6. Глухих, В. В. Получение, свойства и применение биоразлагаемых древесно-полимерных композитов (обзор) / В. В. Глухих, А. Е. Шкуро, Т. А. Гуда, О. В. Стоянов. – Вестник Казанского технологического университета, 2012. – Т. 15, № 9. – С. 75–82.

УДК 628.32:574.6

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ БАЛАНСА ПРЭСНОВОДНЫХ ВОДОЁМОВ С ПОМОЩЬЮ ХЛОРЕЛЛЫ (CHLORELLA VULGARIS IBCE C-19)

**Юницкий А.Э., кандидат философии транспорта, ген. конст.,
Артюшевский С.В., Зыль Н.С., Налётов И.В., Павлюченко А.М.**

*ЗАО «Струнные технологии»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрена проблема смещения баланса пресноводных водоёмов и предложен способ решения данного вопроса. Описаны методы экологической оценки пресноводных объектов. Предложена методика биологической реабилитации водоёма с использованием суспензии микроводоросли хлореллы (*Chlorella vulgaris* IBCE C-19) полученной на экспериментальной установке для её культивирования.

Ключевые слова: трофический баланс, евтрофирование, *Chlorella vulgaris* IBCE C-19, установка для культивирования.

Природный водоём представляет собой сложную саморегулирующуюся живую систему. Обычно взаимная деятельность обитателей водоёма обеспечивает самоочищение водоёма и поддерживает биологическое равновесие в системе. Но порой, в силу специфического биологического разнообразия или из-за внешних факторов, способность к саморегуляции и самоочистке снижается.

Чаще всего началом для нарушения баланса в водоёме является повышение концентрации биогенных веществ в верхнем слое водоёма, вследствие чего начинается активное развитие микрофлоры (прежде всего, фитопланктона, а также водорослей-областителей) и питающегося фитопланктоном зоопланктона. Подобный рост снижает прозрачность воды, глубина проникновения солнечного света уменьшается, в результате нехватки кислорода начинается гибель придонных растений. Возникает дисбаланс между производством и потреблением кислорода в придонных горизонтах. Усугубившийся дефицит кислорода ведёт к гибели требовательной к нему донной и придонной фауны. Процесс отмирания донных водных растений влечёт за собой гибель прочих организмов, которым эти растения формируют местообитание или для которых они являются звеном в пищевой цепи. Обычно отмершие организмы оседают на дне водоёма и разлагаются бактериями. В донном грунте, лишённом кислорода, идёт анаэробный распад отмерших организмов с образованием фенолов, сероводорода и метана.

Повышение продуктивности водных экосистем (евтрофирование) ухудшает качество воды и требует адекватной оценки экологического состояния и трофического статуса водного объекта. Возникает необходимость численного выражения статуса трофности водоёма. Один из самых популярных индексов, характеризующих трофическое состояние – индекс Карлсона [1]. Его расчёт проводится по трём гидроэкологическим показателям: концентрациям в воде хлорофилла (Chl) а, общего Р и прозрачности воды по диску Секки (SD). Р. Карлсоном были предложены формулы расчёта индекса по каждому из этих показателей, и каждый вариант расчёта индекса – фактически самостоятельный и служит численной мерой выражения трофического статуса водного объекта. В дальнейшем в [2] было предложено дополнение индекса оценкой трофности по содержанию в воде общего N. Предложенное уточнение следует применять в водоёмах, где основным лимитирующим