

менного развития информатизации назрела необходимость в изменении подхода к подаче результатов наблюдений. В первую очередь, переход от описательного подхода к использованию всевозможных индикаторов и показателей. Например, индикаторы Совместной системы экологической информации, региональные экологические показатели ЕЭК ООН, показатели Европейского агентства по окружающей среде. Их применение направлено не просто на построение многолетних трендов для выявления тенденций, проблем и т.д., но и на проведение анализа, а также на проведение сравнений на общеевропейском уровне.

Авторами была сделана попытка применить подход, рекомендованный Европейским агентством по окружающей среде, для анализа показателей *C10 – Биохимическое потребление кислорода (БПК) и концентрация аммоний-иона в речной воде* *C11 – Биогенные вещества в поверхностных водах*. Проведенный анализ позволил сделать следующие предварительные выводы:

- максимум содержания фосфат-иона в воде большинства рек пришелся на периоды 1988-1990 гг. и 2003-2004 гг., за последнее десятилетие наблюдается рост содержания в водотоках бассейнов рек Западная Двина и Неман, снижение – в бассейнах рек Западный Буг и Днепр;

- максимум содержания фосфат-иона в воде водоемов пришелся на те же годы, за последнее десятилетие наблюдается рост содержания в водоемах бассейнов рек Западная Двина, снижение – в бассейнах рек Неман, Днепр и Припять;

- максимум фосфора общего в воде большинства рек фиксировался в периоды 1988-1995 гг. и 2003-2007 гг., за последнее десятилетие содержание во всех бассейнах рек снизилось;

- выявлены тенденция роста содержания нитрат-иона в воде рек и тенденция снижения содержания органических веществ в воде рек (особенно в бассейнах рек Неман и Днепр).

Вместе с тем, интерес также представляет применение различных моделей анализа для выявления причин увеличения антропогенной нагрузки на те или иные поверхностные водные объекты. Такой анализ является многофакторным и требует привлечения не только данных мониторинга поверхностных вод, но и показателей социально-экономического развития за весь анализируемый период, данные учета вод и т.д.

Список использованных источников

1. Положение о порядке проведения в составе НСМОС в Республике Беларусь мониторинга поверхностных вод и использования его данных // постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 апреля 2004 г. № 482

2. Сайт Главного информационно-аналитического центра Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. – Режим доступа <http://www.nsmos.by>. – Дата доступа 10.05.2019

УДК 628.3

А. В. Игнатенко, Д. А. Бутарева, Ю.С. Дивина
БГТУ, г. Минск,

БИОАНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Для решения проблем очистки сточных вод наряду с принятием организационных мер по защите окружающей среды, модернизацией технологических процессов и использованием эколого-биотехнологического подхода [1], необходимо также совершенствовать систему экологического контроля производства.

Контроль качества очистки сточных вод является актуальной экологической задачей обеспечения нормальной работы очистных сооружений и гарантией безопасности сбрасываемых вод для окружающей среды [2].

Загрязнение сточных вод промышленных предприятий токсичными веществами, главным образом тяжелыми металлами, нефтепродуктами, поверхностно активными веществами приводит к гибели микроорганизмов активного ила, нарушению технологических процессов водоочистки и ухудшает качество очищенных вод [3].

В настоящее время входной, технологический и выходной контроль очищаемых сточных вод осуществляются преимущественно инструментальными физико-химическими методами анализа, имеющими целый ряд неоспоримых достоинств. Вместе с тем присутствие в сточных водах более 500 наименований различных загрязнителей, требующих, как правило, отдельного измерительного средства и методики выполнения измерений, а также квалифицированного персонала, увеличивает экономические затраты на инструментальный контроль и не гарантирует безопасность сбрасываемых вод для окружающей среды.

Биоаналитический контроль является простым и дешевым способом оценки эффективности очистки сточных вод и контроля их безопасности для окружающей среды. В настоящее время для биологического контроля водных сред предложено использовать низшие одноклеточные прокариотические и эукариотические гидробионты, не требующие высоких затрат на их содержание: простейшие, микроводоросли и др. [4],

В качестве основной тест-функции, применяемой для обнаружения присутствия токсичных веществ, используется выживаемость тест-объектов. Недостатком данного подхода является относительная длительность анализа (1–3 сут), что не позволяет оперативно управлять процессами водоочистки. Это требует поиска более быстрых методов биоаналитического контроля.

Целью данной работы являлся анализ эффективности очистки сточных вод на городских очистных сооружениях с помощью методов биотестирования выживаемости и подвижности клеток *E. gracilis*.

Объектами исследования служили сточные воды Минской очистной станции (МОС-1), отобранные на разных стадиях их очистки. Образцы сточных вод после отстаивания центрифугировали 10 мин при 6000 об/мин с помощью центрифуги Hettich, ЕВА-2. Надосадочную жидкость использовали для биотестирования.

В качестве тест-культуры служила 3-х суточная культура клеток микроводоросли *E. gracilis* из коллекции кафедры биотехнологии БГТУ, выращенная на свету в среде Лозино-Лозинского [5].

Эффективность очистки сточных вод на разных стадиях их обработки определяли по изменению индексов токсичности (ИТ) проб для клеток *E. gracilis*. Токсичность образцов оценивали по изменению выживаемости ($ИТ_v$) и подвижности ($ИТ_p$) клеток *E. gracilis*. Для определения выживаемости клеток 0,9 мл анализируемой пробы (рабочий образец) или среды Лозино-Лозинского (контрольный образец) добавляли по 0,1 мл тест-культуры клеток и выдерживали в течение 1 сут. при 20°C. Подсчёт числа живых и неживых клеток осуществляли их микроскопированием в камере Горяева при увеличении 10x20 и цифровой видеозаписи с помощью цифрового фотоаппарата Cannon Power Shot A560.

Количество клеток в 1 мл суспензии рассчитывали по формуле.

$$N = (a \cdot 1000 \cdot n) / (h \cdot S), \quad (1)$$

где N – число клеток в 1мл суспензии; a – среднее количество клеток в квадрате сетки, мм²; h – глубина камеры, мм; S – площадь квадрата сетки, мм²; n – разведение исходной суспензии.

Оценку подвижности клеток проводили, как описано ранее [5]. Индексы токсичности водных проб определяли по формулам:

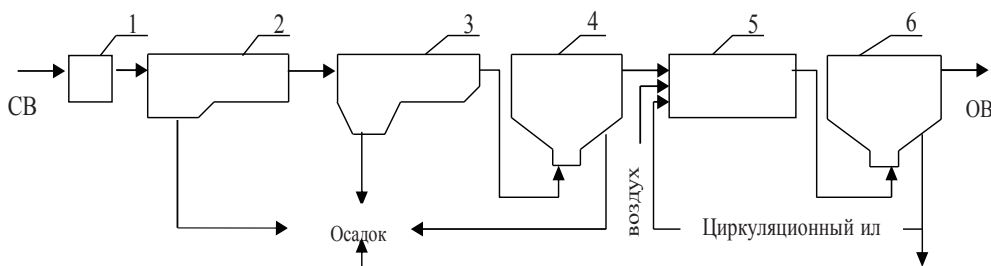
$$ИТ_v = (N_k - N_t) / N_k \cdot 100\%, \quad (2)$$

где N_k – количество выживших клеток в контроле; N_t – количество выживших клеток в исследуемой пробе через сутки.

$$ИТ_p = (v_0 - v_1) / v_0 \cdot 100\%, \quad (3)$$

где v_0 , v_1 – значения средней скорости движения клеток тест-культуры в чистой воде и анализируемой среде; соответственно.

Полученные результаты измерений обрабатывали статистически, используя программное обеспечение Microsoft Excel. Относительная погрешность измерения индексов токсичности не превышала 10%.



1 – приемная камера; 2 – механические решетки; 3 – песколовка; 4 – первичные отстойники; 5 – секции аэротенка; 6 – вторичные отстойники; СВ, ОВ – сточная и очищенная вода

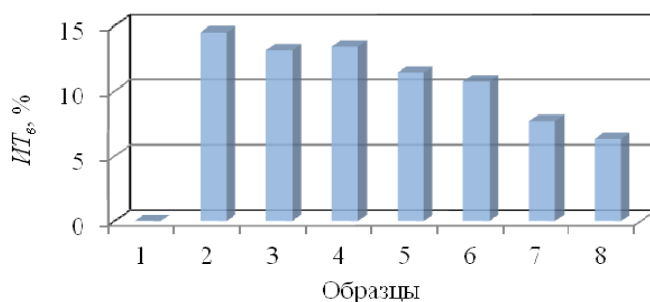
Рисунок 1 – Типовая схема городских водоочистных сооружений

Типовая схема городских очистных сооружений (рис. 1), как известно, включает: механическую очистку СВ от мусора, песка на решетках, песколовках; седиментационную очистку в первичных отстойниках; биохимическую очистку СВ активным илом в секциях аэротенка; седиментационную очистку от активного ила во вторичных отстойниках, а также обезвоживание осадков.

На рис. 2 приведены результаты изменения индекса токсичности сточных вод на отдельных стадиях их очистки на МОС-1, определенные по выживаемости клеток *E. gracilis*.

Исходное значение токсичности сточных вод, определенное данным методом на входе МОС-1 после удаления взвешенных веществ, находилось на уровне 15%, что позволяет отнести их к слаботоксичным. После первичного отстойника $ИТ_6$ сточных вод изменялся незначительно.

Основная доля снижения токсичности сточных вод приходилась на 4-ю секцию аэротенка. На выходе из вторичного отстойника $ИТ_6$ составил 6,3%, что находится на уровне погрешности метода биотестирования, и очищенная вода считается безопасной.



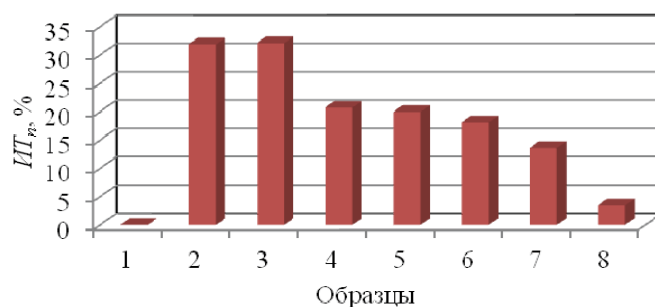
1 – контроль; 2 – после цеха механической очистки; 3 – в первичном отстойнике; 4 – в 1 секции аэротенка; 5 – во 2-ой секции аэротенка; 6 – в 3-ей секции аэротенка; 7 – в 4-ой секции аэротенка; 8 – во вторичном отстойнике

Рисунок 2 – Изменение индекса токсичности сточных вод по выживаемости клеток *E. gracilis* через 1 сут на разных стадиях их очистки на МОС-1

На рис. 3 показаны результаты биотестирования $ИТ_n$ тех же проб сточных вод для разных стадий их очистки на МОС-1, определенных по подвижности клеток *E. gracilis*.

Как видно из рис. 3, $ИТ_n$ на входе очистных сооружений составлял 32%, что позволяет отнести сточные воды к среднетоксичным в соответствии с [5].

По данным биотестирования подвижности клеток доля снижения $ИТ_n$ в 4 секции аэротенка составила около 60%, а во вторичном отстойнике – 90%, что также свидетельствует об удовлетворительной очистке СВ.



1 – контроль; 2 – после цеха механической очистки; 3 – в первичном отстойнике;
4 – в 1-ой секции аэротенка; 5 – во 2-ой секции аэротенка; 6 – в 3-ей секции аэротенка;
7 – в 4-ой секции аэротенка; 8 – во вторичном отстойнике

Рисунок 3 – Изменение индекса токсичности сточных вод по подвижности клеток *E. gracilis* в процессе биологической очистки на МОС-1

Полученные данные указывают на то, что методы биотестирования подвижности и выживаемости клеток *E. gracilis* дают сходные результаты, при этом длительность анализа токсичности проб методом биотестирования подвижности клеток – 15 мин, выживаемости – 24 ч. Метод оценки подвижности клеток проявляет более высокую чувствительность к присутствию ингибирующих веществ и более информативен, так как позволяет наблюдать эффекты ингибирования, активации и гибели клеток. Это дает возможность использовать его для быстрой оценки эффективности и регуляции процессов водоочистки на городских очистных сооружениях.

Список использованных источников

1. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. / А. Е. Кузнецов [и др.]. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2010. – Т. 1. 629 с.; Т. 2. – 485 с.
2. Игнатенко А.В. Биозкологический контроль безопасности сточных вод // Водные ресурсы и климат: материалы докладов V Международного Водного Форума: в 2 ч. – Минск: БГТУ, 2017. Ч. 2. С. 151–154.
3. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: АКВАРОС, 2003. 512 с.
4. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. М.: Изд. центр «Академия». 3-е изд. 2010. 288 с.
5. Сазановец М. А., Игнатенко А. В. Анализ детоксикации водных сред методом биотестирования // Труды БГТУ. Сер. 2. Химия, технология орган. в-в и биотехнология. Минск: БГТУ. 2014. № 4: С. 179–182.

УДК 577.114.083

О. К. Гладкая, О. В. Павлова

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ХИТОЗАНА К ОРГАНИЧЕСКИМ СОЕДИНЕНИЯМ

Фенол является органическим загрязнителем, присутствующим в стоках различных промышленных предприятий, таких как стекольное производство, производство полимерных смол, нефтепереработка, целлюлозно-бумажное производство и фармацевтическая промышленность. Даже в низких концентрациях сброс фенольных соединений может привести к серьезным повреждениям окружающей среды [1].

Для очистки промышленных сточных вод используется множество методов и технологий, позволяющих снижать антропогенную нагрузку на водные объекты (таких как флота-