

2. The Need for an Integrated Approach // Global Water Partnership. Режим доступа: <https://www.gwp.org>

3. Руководство по интегрированному управлению водными ресурсами в трансграничных бассейнах рек, озер и водоносных горизонтов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gwp.org/contentassets/1180bf6f64e04732ac00717c1c643581/inbo_handbook2_rus.pdf

4. Станкевич, А. П. Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2030 года / А. П. Станкевич // Водные ресурсы и климат : материалы V Международного Водного Форума, Минск, 5-6 октября 2017 г. / Белорусский государственный технологический университет ; [редкол.: проф. д-р техн. наук. О. Б. Дормешкин и др.] – Минск : БГТУ, 2017. – Ч. 1. – С. 26-27.

5. Стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года. Проект [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.cricuwr.by/static/files/ads/water_str_prj.pdf

УДК 628.355

Г.Г. Юхневич, В.А. Кирей, Д.А. Мурина

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АКТИВНОГО ИЛА АЭРОТЕНКОВ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В мировой практике очистки городских сточных вод наибольшее распространение получил биологический метод. В искусственно созданных условиях аэротенков обеспечивается окисление и минерализация чрезвычайно высоких концентраций органических загрязняющих веществ всего за несколько часов. Такая очистка осуществляется активным илом – искусственно созданным сообществом микроорганизмов, состав и численность которого отражают экологические условия его обитания.

Нитчатые организмы активного ила практически постоянно присутствуют в нормально функционирующем активном иле. При превышении порога стрессирующего воздействия численность флокулообразующих бактерий сокращается до минимума, а более устойчивые к неблагоприятным факторам нитчатые организмы (хламидобактерий, цианобактерий, гифомицетов и др.) занимают их экологическую нишу. Развитие нитчатых микроорганизмов сильно ограничивает гидравлический потенциал вторичного отстойника и может привести к выходу активного ила в природную среду. Нитчатое вспухание ила, т.е. увеличение его объема при сохранении или сокращении его биомассы в результате разрастания организмов с нитчатой структурой, в настоящее время является наиболее распространенной патологией сооружений биологической очистки сточных вод [1–2].

К подобным нарушениям седиментации активного ила могут приводить как изменение (часто скачкообразное) химического состава сточных вод, удельной нагрузки на ил, соотношения важнейших компонентов сточных вод, в том числе токсичных для микроорганизмов активного ила, так и особенности аэрационного режима сооружений [3].

Цель работы – изучение развития нитчатого вспухания активного ила при различных технологических режимах работы аэротенков городских очистных сооружений канализации.

Материал и методы исследований. На очистных сооружениях канализации г. Гродно предусмотрена типовая схема очистки сточных вод: механическая очистка на решетках, песколовках и первичных отстойниках и биологическая очистка в системе четырехкоридорный аэротенк – вторичный отстойник. Для исследований отбиралась иловая смесь из 4-х коридоров разных типов аэротенков (2, 4, 6-А) с интервалом две недели. Аэротенки 2 и 4 относятся к сооружениям I-II очереди и составляют единый технологический комплекс. В аэротенке 2 обеспечивается мелкопузырчатая придонная аэрация через дисковые диффузоры с выделением аноксидных зон (во второй половине 1-го коридора и первой половине 2-го коридора установлены по три горизонтальные погружные мешалки). В аэротенке 4 обеспечивается среднепузырчатая пристенная аэрация через трубчатые диффузоры. Аэро-

тенк 6-А относится к сооружениям III очереди с системой среднепузырчатой аэрации через трубчатые диффузоры, расположенные по всему днищу (плечо аэратора вынесено в центр).

В пробах активного ила аэротенков определяли его концентрацию и иловый индекс[4]. Из каждой тщательно перемешанной пробы иловой смеси объемом 0,1 см³ готовили препараты «раздавленная капля» в 3-х повторностях, которые просматривали по диагонали при увеличении микроскопа 10x40, определяли численность и размеры нитчатых микроорганизмов[5]. Площадь хлопьев активного ила находили математическим методом палетки на основе фотографий активного ила с использованием программы Adobe Photoshop.

Результаты исследований. Успешная очистка сточных вод активным илом заключается не только в разрушении органических загрязнений, но и в отделении ила от очищенной воды. Для очистных сооружений с аэротенками оптимальными являются значения илового индекса от 80 до 120 см³/г. Иловый индекс во всех исследуемых аэротенкахочистных сооружений канализации г. Гродно имеет близкие к неудовлетворительным значения (таблица 1). Активный ил аэротенка 4 обладает наиболее высокими седиментационными свойствами. В аэротенке 2 иловый индекс наибольший, однако, с наименьшим диапазоном изменения данного показателя, что характерно для стабильно функционирующего активного ила, в то время как в аэротенке 6-А наблюдается нестабильность значений илового индекса.

Таблица 1 – Изменение илового индекса при различных технологических режимах работы аэротенков городских очистных сооружений канализации, см³/г

Проба	Аэротенк 2	Аэротенк 4	Аэротенк 6-А
1	178	154	171
2	177	149	179
3	171	155	123
4	170	144	165
5	199	173	171
6	179	154	194
7	178	137	193
8	169	147	187
среднее значение	178	152	173

Размер хлопьев активного ила зависит от видового состава микроорганизмов, наличия и характера загрязнений, температуры среды, гидродинамических условий в аэрационном сооружении и других факторов. В умеренно-нагруженном активном иле при средних органических нагрузках формируются компактные, средних размеров хлопья. К увеличению величины хлопьев активного ила приводит развитие в нем нитчатых микроорганизмов. Площадь хлопьев активного ила аэротенков городских очистных сооружений канализации г. Гродно колеблется в очень широких пределах (от 250 до 202500 мкм²) (таблица 2).

Таблица 2 – Площадь хлопьев активного ила в аэротенках городских очистных сооружений канализации, мкм²

Пробы	Аэротенк 2	Аэротенк 4	Аэротенк 6-А
1	<u>39821</u> 1875–125000	<u>25813</u> 2500–120000	<u>19962</u> 2500–100000
2	<u>16132</u> 500–105000	<u>10010</u> 500–95000	<u>28848</u> 1250–137500
3	<u>13911</u> 500–77500	<u>15160</u> 1250–105000	<u>15188</u> 1250–87500
4	<u>12078</u> 750–82500	<u>23182</u> 750–105000	<u>15668</u> 750–90000
5	<u>30319</u> 1875–150000	<u>27616</u> 1875–195000	<u>32500</u> 2250–187500
6	<u>29000</u> 1071–202500	<u>20902</u> 1071–187500	<u>45166</u> 2250–87500
7	<u>12100</u> 250–72500	<u>15188</u> 500–100500	<u>25350</u> 2500–90000
8	<u>10643</u> 250–40000	<u>30200</u> 750–80000	<u>32750</u> 750–87500
среднее значение /min-max	<u>20501</u> 250–202500	<u>21009</u> 500–195000	<u>26929</u> 750–187500

Примечание: над чертой – среднее значение, под чертой – минимальное и максимальное значения соответственно.

Самые мелкие компактные флокулы активного ила формируются в аэротенке 2. Это определяет наибольшую площадь поверхности ила и, как следствие, его высокую адсорбционную способность в данном аэротенке.

Высокая нагрузка на ил городских очистных сооружений канализации г. Гродно благоприятствует развитию нем нитчатых микроорганизмов. Их численность в разных аэротенках при поступлении отличающихся по составу сточных вод изменяется от 15,7 до 148,6 тыс экз/см³ (таблица 3).

Таблица 3 – Количество нитчатых микроорганизмов активного ила аэротенков городских очистных сооружений канализации, экз/см³

Пробы	Аэротенк 2	Аэротенк 4	Аэротенк 6-А
1	40218	47212	64698
2	26229	52458	61201
3	15737	24480	22732
4	40218	48961	47212
5	83932	148630	76938
6	99669	50709	83932
7	31475	75189	78686
8	55955	52458	110161
среднее значение	49179	62512	68195

Минимальное количество микроорганизмов с нитчатой структурой наблюдается в аэротенке 2, что связано с особенностями технологического режима аэротенка. Мелкопузырчатая придонная аэрация, с точки зрения интенсивности степени растворения кислорода, является наиболее эффективной. Она способствует равномерному распределению воздуха в толще воды, тем самым способствует благоприятному режиму функционирования дыхательных ферментов флокулообразующей микрофлоры. Максимальная численность нитчатых микроорганизмов выявлена в аэротенке 6-А, что свидетельствует о протекающих процессах нитчатого вспухания активного ила.

Длина отдельных нитей микроорганизмов активного ила аэротенков городских очистных сооружений г. Гродно также значительно различается (от 7 до 327 мкм). Среди нитчатых микроорганизмов преобладают особи с длиной нитей в диапазоне 0–50 мкм, составляющие в аэротенке 2 – до 65 %, в аэротенке 4 – до 74 %, в аэротенке 6-А – до 60 % экземпляров (рисунок 1). Количество особей с длиной 301–350 мкм минимально в аэротенках 2 и 4 – до 0,3 %, тогда как в аэротенке 6-А их встречаемость достигает 1,9 % экземпляров.

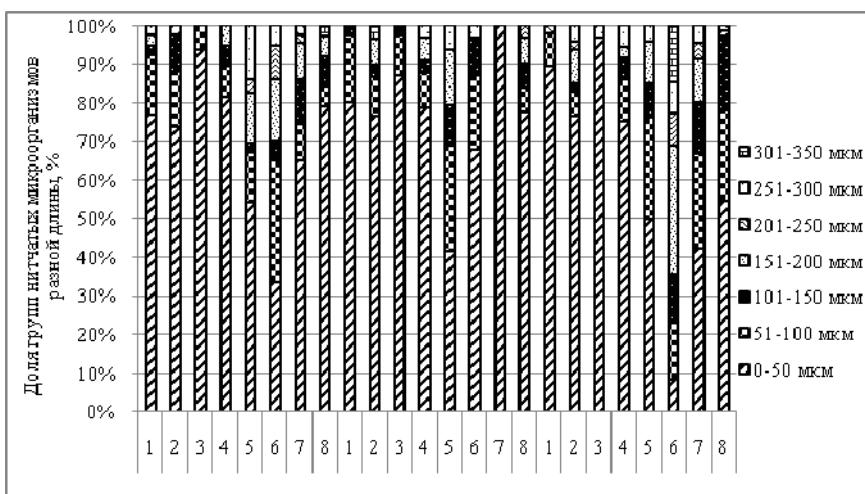


Рисунок 1 – Ранжирование нитчатых микроорганизмов активного ила аэротенков городских очистных сооружений канализации

Рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена между биологическими показателями активного ила разных по технологическому режиму аэротенков очистных сооружений канализации г. Гродно и исходными показателями поступающих на очистку городских сточных вод. Наибольшее количество прямых тесных корреляционных связей установлено между содержанием нитчатых микроорганизмов в аэротенке 6-А и концентрациями хлоридов ($r=0,78$), фосфатов ($r=0,84$) и СПАВ анионактивных ($r=0,71$) в сточных водах, что указывает на склонность к нитчатому вспуханию ила при данном типе аэрации в условиях колебания состава сточных вод.

Таким образом, установлено, что нитчатое вспухание активного ила является характерной проблемой городских очистных сооружений канализации. В разных по технологическому режиму аэротенков выявлены отличия в иловом индексе, площади хлопьев активного ила, количестве и размерах нитчатых микроорганизмов. По комплексу биологических показателей активного ила установлена наименьшая вероятность протекания нитчатого вспухания в аэротенках с мелкопузырчатой придонной аэрацией через дисковые диффузоры с выделением аноксидной зоны. В аэротенках со среднепузырчатой аэрацией через трубчатые диффузоры, расположенные по всему днищу с вынесенным в центр плечом аэратора, выявлена нестабильность функционирования активного ила.

Список использованных источников

1. Tandoi, V. Activated Sludge Separation Problems: Theory, Control Measures, Practical Experiences / V Tandoi, D Jenkins, J Wanner. – 2006. – 340 p.
2. Харькина, О.В. Проблемы эксплуатации сооружений очистки сточных вод и их решения: вспухание и пенообразование активного ила / О.В. Харькина, С.В. Харькин // Справочник эколога. – 2015. – № 2. – С. 85–96.
3. Плотников, М.В. Дисфункционирование сооружений аэробной биологической очистки сточных вод : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.01.06 / М. В. Плотников ; ФГБНУ «Всероссийский научно-издательский и технологический институт биологической промышленности» ФАНО России – Щелково, 2014. – 29 с.
4. Жмур, Н. С. Комплект методик по гидрохимическому контролю активного ила: определение массовой концентрации активного ила, илового индекса, зольности сырого осадка, активного ила, прозрачности надиловой воды / Н. С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2008. – 39 с.
5. Методическое руководство по гидробиологическому контролю нитчатых микроорганизмов активного ила. ПНД Ф СБ 14.1.92-96. – М., 1996.

УДК 628.381.1

И.В. Войтов, д-р техн. наук; В.Н. Марцуль, канд. техн. наук
БГТУ, г. Минск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ В КОНТЕКСТЕ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

Достижение целей ООН в области устойчивого развития невозможно без кардинального повышения эффективности использования ресурсов всех видов. При этом «линейная экономика», которая базируется на предпосылке, что ресурсы доступны и имеются в больших количествах, должна уйти в прошлое. Жизненно важным является смещение акцентов не просто на безопасное избавление от отходов, а на производство на их основе таких ресурсов, как энергия, материалы, почва и вода. «Экономика замкнутого цикла» (цикличная экономика) – концепция, которая обеспечивает сохранение, как можно дольше, прибавочной стоимости продукции и устранение отходов. Такая экономика призвана изменить классическую линейную модель производства, концентрируясь на продуктах и услугах, которые