

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В БИОРЕАКТОРАХ МОС-2 В ОСЕННЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Загрязнение поверхностных вод ставит под угрозу здоровье десятков миллионов людей. Неочищенные сточные воды загрязняют источники питьевой воды, поливную воду, используемую для выращивания сельскохозяйственных культур, и водоемы, у которых люди отдыхают, занимаются спортом и купаются. Предварительные оценочные показатели по бытовым сточным водам, полученные для 79 стран, большинство из которых относятся к странам с высоким и средним уровнем дохода, свидетельствуют, что 71% бытовых сточных вод собирается в канализационных системах, 9% – в автономных санитарно-технических установках, а сбор остальных 20% сточных вод не производится. С соблюдением требований безопасности очищается 76% общего количества сточных вод, собранных в канализационных системах, и только 18% собираемых автономными санитарно-техническими установками. Таким образом, 59% всех бытовых сточных вод собирается и очищается с соблюдением требований безопасности, а 41% неочищенных сточных вод создает угрозу для окружающей среды и здоровья людей. При этом из анализа исключены большая часть Азии и Африки, где ситуация значительно хуже [1].

Требования национальных стандартов в области очистки сточных вод существенно различаются. Только такие показатели, как биохимическая и химическая потребность в кислороде и количество взвешенных веществ нормируются практически во всех странах, общий азот нормируется в 80 странах из 100, общий фосфор – в 70 странах. Содержание мышьяка, хлора и фторидов учитывают национальные стандарты 30–40 стран, содержание азота аммонийного и нитратного, фосфора фосфатного – около 20 стран [1].

Механо-биологическая очистка бытовых сточных вод остается наиболее приемлемым способом, позволяющим удалять не только органические соединения, но и соединения азота и фосфора. Вместе с тем на биологические процессы существенное влияние оказывают состав сточных вод, поступающих на очистные сооружения, и параметры их функционирования, в частности, значение рН, температура, нагрузка на активный ил, содержание кислорода в растворенном или связанном состоянии, наличие токсикантов, доступность компонентов сточных вод для биологического окисления и др. Многие из этих факторов подвержены изменению, в том числе сезонному. Данная работа посвящена изучению особенностей биохимических процессов в очистных сооружениях в осенне-весенний период (октябрь – апрель).

В течение изученного периода температура воды в аэротенке колебалась в пределах: от 21,5°C в начале октября опускалась до 14,5°C в январе, и поднялась до 20,1°C к концу апреля, среднее содержание растворенного кислорода после биологической очистки составляло от 9,1 до 10,2 мг/дм³. Значение рН находилось в пределах 7,2–8,2, что является удовлетворительным для биологической очистки, при этом отмечена незначительная тенденция к увеличению этого показателя в весенний период.

На рисунках 1–3 представлены графики, отражающие колебания показателей сточных вод на входе в очистные сооружения (в приемной камере), после первичного отстаивания и значения этих показателей после биологической очистки (МОС-2) за период октябрь – апрель. Сопоставление приведенных данных позволяет сделать ряд заключений.

За период с октября по декабрь значение БПК₅ сточных вод, поступающих на очистные сооружения, снижалось: средние значения этого показателя составили 177,7; 145,3 и 138,5 мг/дм³ для октября, ноября и декабря соответственно, в январе он составил 225,0, в феврале, марте и апреле соответственно 137,7; 225,0; 171,6 мг/дм³. При этом указанная

тенденция не отмечена для таких показателей, как содержание взвешенных веществ и ХПК. Минимальное значение ХПК сточных вод за указанный период составляло в ноябре (490,5 мг/дм³), максимальное в январе (617,8 мг/дм³), содержание взвешенных веществ колебалось в пределах от 201,7 мг/дм³ в феврале до 247,7 мг/дм³ в апреле. Как следует из рисунка 1, в течение всего изученного периода наблюдалась полная очистка сточных вод по показателю БПК.

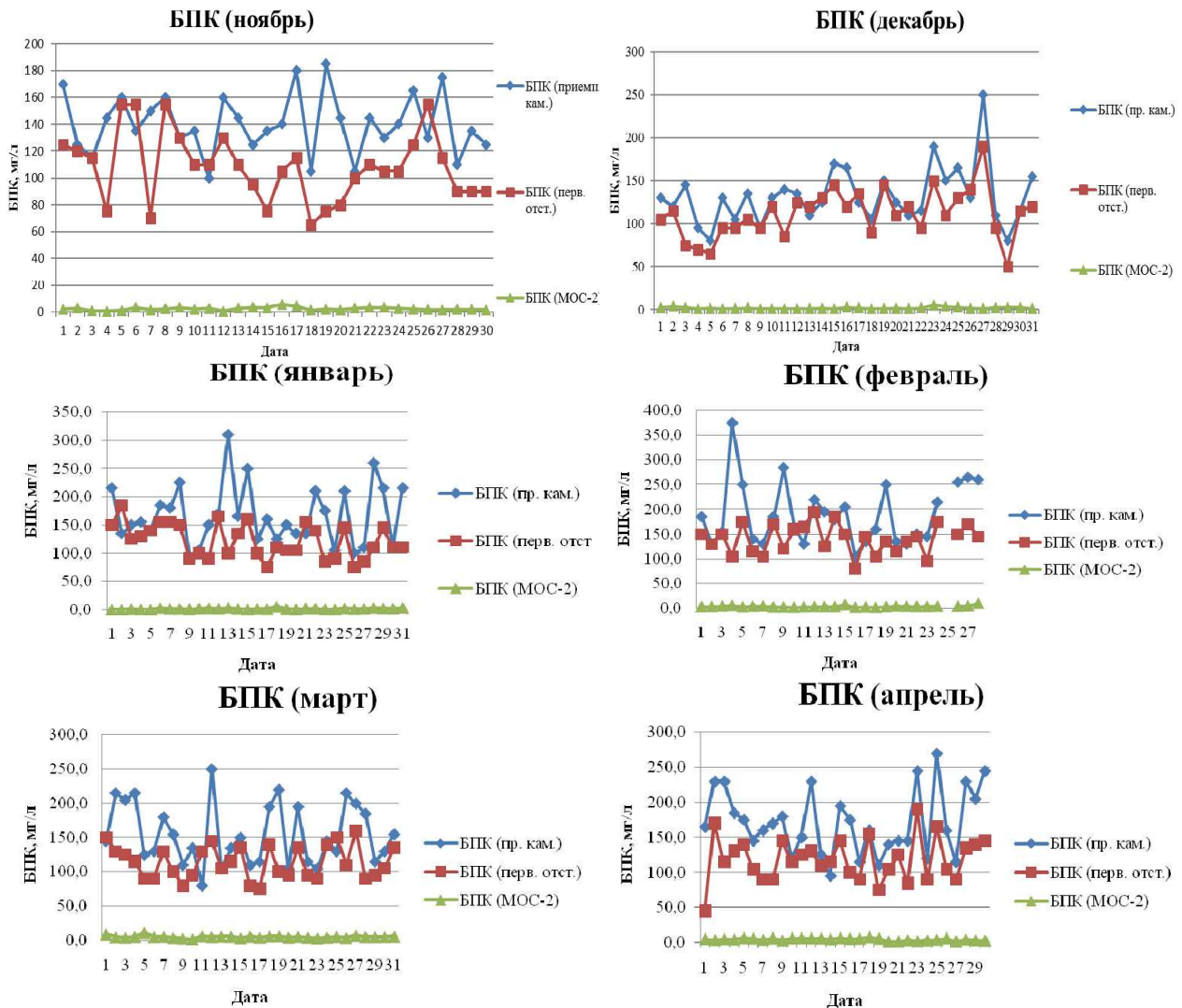


Рисунок 1– Значения БПК₅ сточных вод по ступеням очистки

Для уровня загрязнения поступающих сточных вод по азоту аммонийному и фосфору фосфатному (рис. 2,3) наблюдались явно выраженные отличия в утреннее и дневное время, в будние и выходные дни. При этом среднее содержание этих компонентов в поступающих сточных водах в разные месяцы существенно не различалось, достигая в отдельные дни 80 мг/дм³.

Степень удаления азота аммонийного не стабильна, наиболее эффективно его удаление происходило в октябре–декабре, в течение января содержание остаточного азота аммонийного постепенно возрастало, достигая 10 мг/дм³ и выше, и примерно на таком уровне оставалось в феврале. В марте ситуация несколько улучшилась, но в апреле снова отмечены колебания эффективности удаления азота аммонийного.

Для очистки сточных вод от фосфора фосфатного наблюдались практически те же закономерности, что и для азота аммонийного: стабильное удаление в течение октября–декабря, ухудшение ситуации с января с некоторой стабилизацией в марте.

Для оценки состояния активного ила анализировали пробы иловой суспензии, отобранные из сооружений МОС-2.

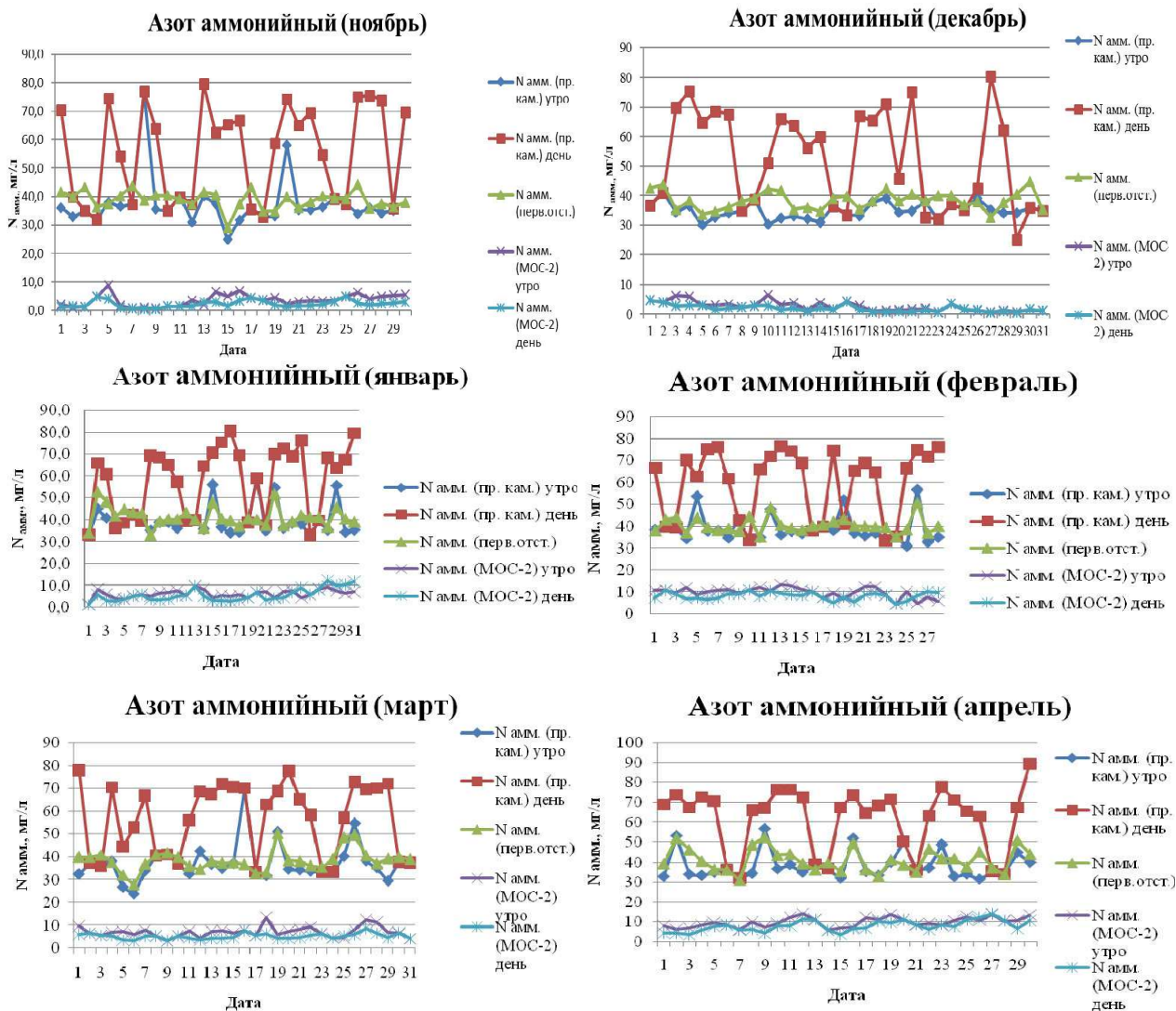


Рисунок 2 – Содержание азота аммонийного в сточных водах по ступеням очистки

В биоценозе обнаружены более 30 видов простейших и многоклеточных организмов, из них одновременно встречались 20–28 видов [2]. Видовой состав мало различался на протяжении периода исследований, однако количество организмов отдельных видов и соотношение различных индикаторных групп сильно варьировали.

Для осенне-зимнего периода наблюдений характерно стабильно малое число крупных раковинных амёб *Arcellavulgaris* и постепенное снижение количества мелких *Centropuxis* sp., что может быть обусловлено неблагоприятным для этих организмов сезоном года (рис. 4).

Однако с начала марта численность раковинных амёб, представленных в основном родом *Arcella*, начала увеличиваться, и к середине апреля их доля в биоценозе составляла уже около 50% при практически полном отсутствии представителей рода *Centropuxis*. Доля мелких голых амёб в биоценозе сильно возросла от значений, соответствующих нормальному протеканию процесса очистки (конец октября), до более чем 38% к концу декабря и держалась на высоком уровне до конца февраля (рис. 5). Одновременно к концу октября до 15–25% выросла и доля мелких жгутиконосцев (*Bodosaltans*, *Entosiphonsulcatum*, *Petalomonas pusilla* и др.) (рис. 6).

Количество же хищных крупных жгутиконосцев *Peranemaptleururum*, *P. trichophorum*, напротив, в течение первых двух месяцев наблюдения снижалось. Далее в период с декабря по май их доля была невелика и колебалась в пределах 0,4–4,4%.

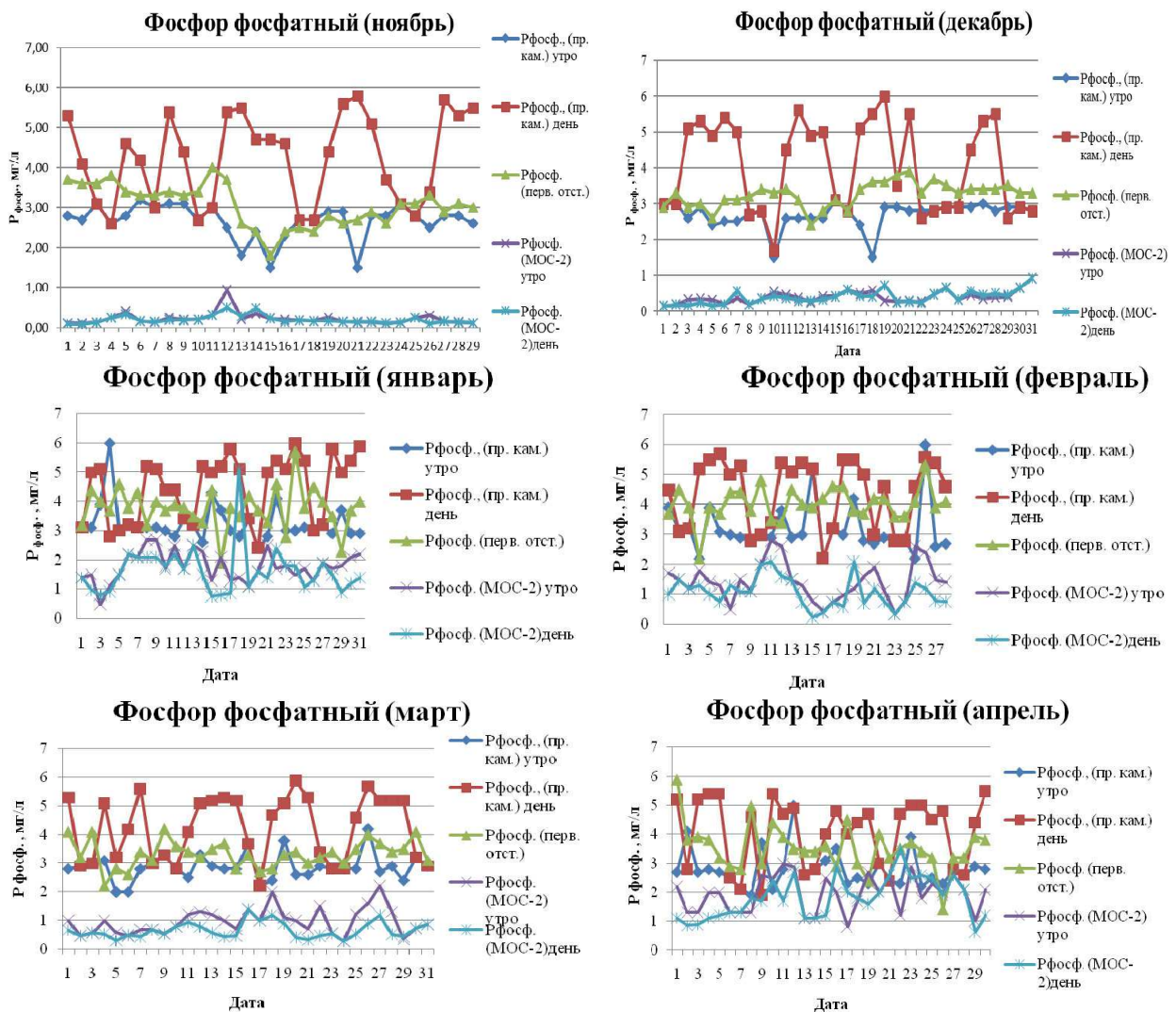


Рисунок 3 – Содержание фосфора фосфатного в сточных водах по ступеням очистки

Спад доли мелких голых амёб в биоценозе активного ила наблюдался с конца февраля по начало апреля. Однако именно на этот период приходится значительный всплеск численности мелких жгутиконосцев, доля которых в феврале достигала 64%, а к началу апреля поднялась до 80%.

В других случаях рост численности мелких амёб также часто сопровождался падением количества мелких жгутиконосцев и наоборот, что свидетельствует о конкуренции этих групп организмов по отношению к субстрату. Суммарная доля мелких представителей ила была высока в течение практически всего периода исследований и достигла максимальной отметки (около 95%) в середине февраля, что говорит об угнетении более высокоорганизованных организмов.

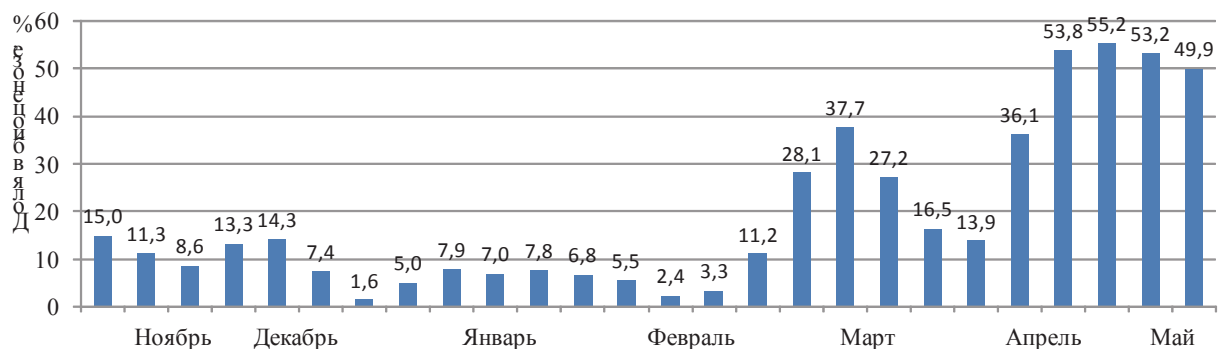


Рисунок 4 – Динамика доли раковинных амёб в биоценозе АИ

Индикаторная группа брюхоресничных инфузорий была представлена видами *Aspidisca costata* и *Euplotes affinis*. Оба вида могут обитать в довольно широких интервалах загрязненности воды. Доля этих инфузорий значительно уменьшилась на протяжении ноября со значения более 50% до 6–8%, в течение декабря возросла до 27% и далее к середине января до 37% (рис. 7). Однако к началу февраля брюхоресничные инфузории практически исчезли из биоценоза и с марта по май в иле не обнаруживались. Этот факт может косвенно свидетельствовать о нарушении структуры хлопков ила, что подтверждено результатами микроскопирования образцов иловой смеси.

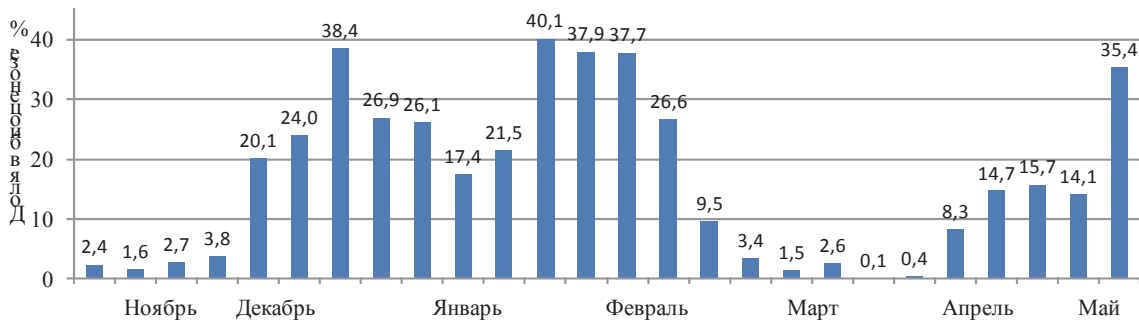


Рисунок 5 – Динамика доли голых амёб в биоценозе АИ

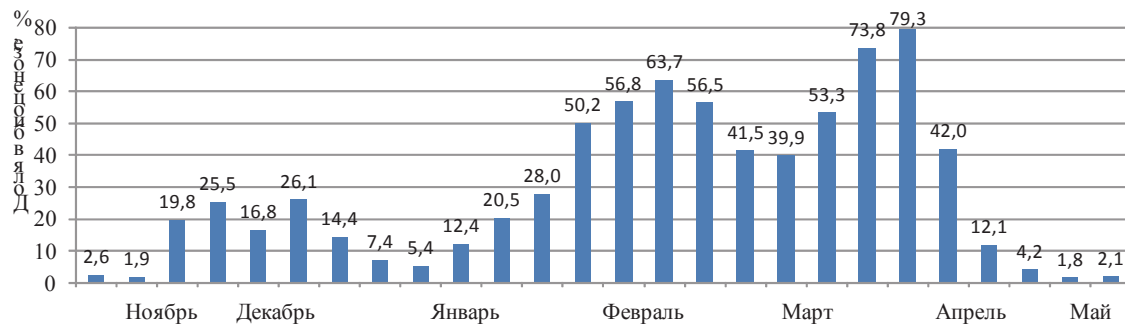


Рисунок 6 – Динамика доли мелких жгутиконосцев в биоценозе АИ

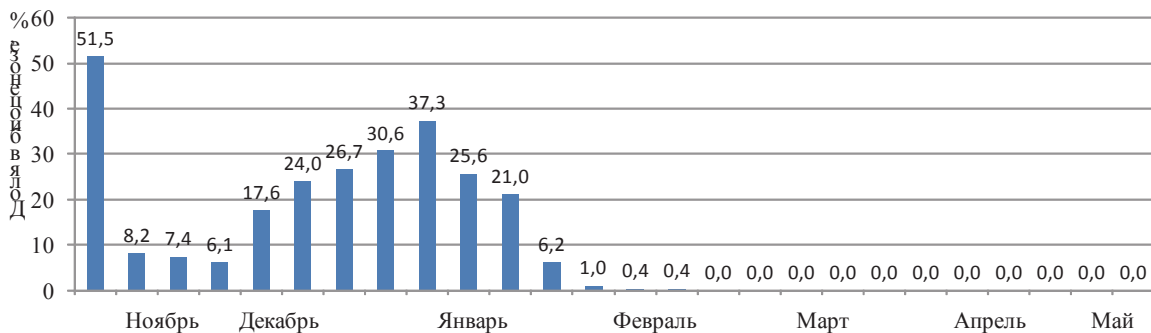


Рисунок 7 – Динамика доли брюхоресничных инфузорий в биоценозе АИ

Найденные в октябре виды кругоресничных инфузорий (*Vorticella convallaria*, *Epistylis sp.*, *Opercularia phryganeae*) обычны в активном иле очистных сооружений. Однако к середине ноября возросла численность *Vorticella microstoma*, *Operculariamicrodiscum*, для которых характерна устойчивость к неблагоприятным факторам среды. В течение декабря-января доля кругоресничных инфузорий колебалась в пределах 5–28%, с февраля по май значительно снизилась и в среднем составляла около 3% (рис. 8). Малая численность кругоресничных инфузорий в этот период времени может быть объяснена низким числом в иловой смеси свободных бактерий, служащих питанием для данной группы организмов.

В числе свободноплавающих инфузорий обнаруживались типичные для активного ила виды *Trachelophyllum pusillum* и *Dexiotrichasp*. С конца октября до конца ноября наблюдалась тенденция увеличения численности обоих видов инфузорий (рис. 9), что мо-

жет свидетельствовать о росте числа бактерий, не связанных с хлопками активного ила. В зимний период доля свободноплавающих инфузорий не превышала 7,3%, в весенний – возросла до 15–20% со значительным преобладанием вида *Dexiotrichasp*.

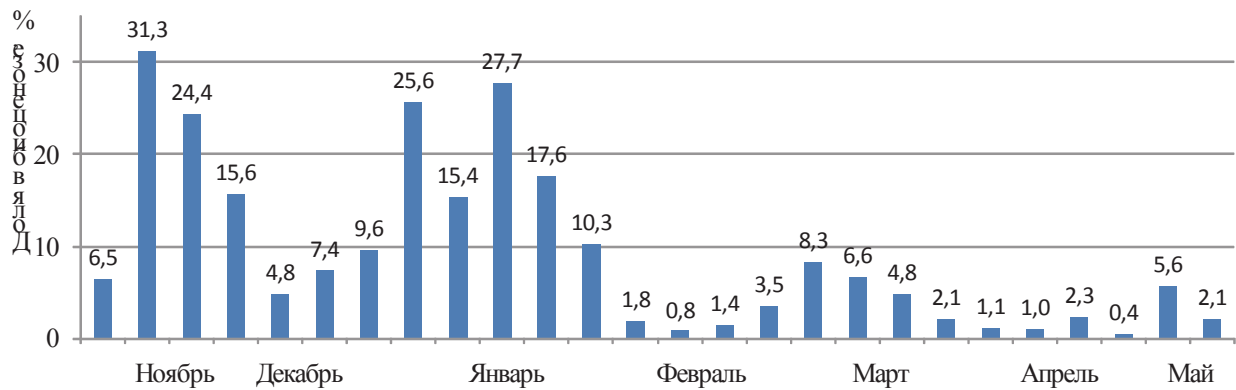


Рисунок 8 – Динамика доли кругоресничных инфузорий в биоценозе АИ

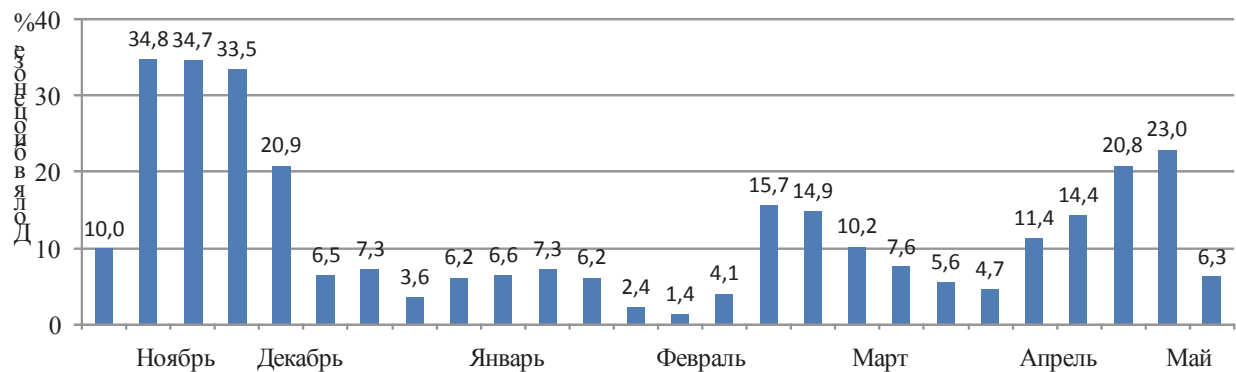


Рисунок 9 – Динамика доли свободноплавающих инфузорий в биоценозе АИ

О достаточно высоком уровне развития биоценоза говорит присутствие хищных сосущих инфузорий (*Tokophryaquadripartita* и др.), однако в изучаемом активном иле на протяжении периода исследований их количество было невелико. В период наблюдений отмечена малая численность и низкое видовое разнообразие колероваток, которые в основном принадлежали к обычному для очистных сооружений виду *Rotariatardigrada*. В ряде проб найдены единичные представители вида *Lecane inermis*. Изредка встречались круглые черви (нематоды).

Таким образом, для изучаемого объекта характерны значительные колебания численности организмов различных видов. Наиболее благоприятная ситуация как по видовому составу активного ила, так и по соотношению индикаторных групп наблюдалась в конце октября. Далее происходило постепенное ухудшение структуры биоценоза с развитием устойчивых к неблагоприятным условиям видов, массовым размножением мелких организмов низших трофических уровней, снижением доли кругоресничных и брюхоресничных инфузорий, а также хищников и многоклеточных организмов.

В пробах иловой суспензии обнаружены не менее четырех различных видов нитчатых бактерий. Тонкие нитчатые образования одного из них постоянно в массе присутствовали в составе хлопков ила, что способствовало разрыхлению и снижению плотности последних. Как следствие, иловая масса отличалась низкой седиментационной способностью, и на протяжении всего периода исследований значения илового индекса превышали $180 \text{ см}^3/\text{г}$. Присутствие в биоценозе значительного количества нитчатых организмов свидетельствует о наличии факторов, подавляющих развитие флокулообразующих бактерий, в числе которых могут быть наличие токсичных веществ, высокие либо, напротив, низкие концентрации легкоокисляемых органических соединений и др.

Список использованных источников

1. Прогресс в области очистки и использования сточных вод с соблюдением требований безопасности: экспериментальная опробация методологии мониторинга и первоначальные выводы по показателю 6.3.1. ЦУР [Электронный ресурс] / Чистая вода и санитария. – Всемирная организация здравоохранения и ООН-Хабитат, 2018. – Режим доступа: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/275970>. – Дата доступа: 19.05.2019.

2. Фауна аэротенков : (атлас) / А.А Айсаев [и др.]; отв. ред. Л.А. Кутикова. – Л.: Наука, Ленингр. отделение, 1984. – 264 с.

УДК 628/3

А. В. Дубина, ассист.; В. Н. Марцуль, доц., канд. техн. наук
БГТУ, г. Минск

СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ ОТ ФОРМАЛЬДЕГИДА

На деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь при производстве ДСтП, МДФ и фанеры образуются сточные воды, содержащие остатки КФС и клеев на их основе, включая формальдегид. Указанные производства отличаются в части способов нанесения (введения) связующего на древесный материал, используемым оборудованием, периодичностью и способом промывки оборудования, что сказывается на объеме и составе сточных вод. С целью получения информации для более полной характеристики объекта исследования было проведено обследование ряда предприятий с определением условий образования и состава сточных вод. Такие работы проведены на следующих предприятиях: ОАО «Фандок», ОАО «Мостовдрев», ОАО «Пинскдрев», ОАО «Витебскдрев», ОАО «Борисовдрев».

На большинстве предприятий Республики Беларусь в качестве смолы для приготовления клеев используется смола марки КФ-МТ-15 или ее аналоги и модификации.

Промывка оборудования производится периодически: в конце смены или 5 рабочих дней, в зависимости от работы предприятия. Промывка емкостей для хранения КФС и трубопроводов производится перед поступлением новой партии смолы. Промывка осуществляется горячей водопроводной водой (температура 65-75 °С).

На всех предприятиях промывные сточные воды, содержащие олигомерные продукты, как правило, не очищаются, а по трубопроводам отводятся в накопительные емкости. В процессе хранения сточных вод образуется осадок затвердевших клеев, который классифицируется как отход мочевино-формальдегидных смол (код по классификатору отходов 5590205), отвердевшие карбамидоформальдегидные клеи (код – 5590601). Осадок вывозится для захоронения на полигон, а надосадочная жидкость направляется в накопитель жидких отходов либо, после разбавления, сбрасывается в канализацию. На деревообрабатывающих предприятиях существует проблема образования отложений затвердевших КФС на стенках трубопроводов, насосов, емкостей, что требует их чистки или замены.

Сточные воды, образующиеся после промывки технологического оборудования используемого для приготовления клеевых составов из карбамидоформальдегидной смолы и отобранные на различных деревообрабатывающих предприятиях Беларуси, характеризуются следующим составом: концентрацией формальдегида – 1-5 г/дм³, химическим потреблением кислорода (ХПК) жидкой фазы – 15000-90000 мгО₂/дм³, сухим остатком – 20-100 г/дм³.

Несмотря на малые объемы, очистка сточных вызывает ряд определенных трудностей, связанных с нестабильным составом, отложением продуктов конденсации КФС на стенках емкостей и трубопроводов, изменением концентрации формальдегида в широких пределах.

Так как олигомеры КФС гидролитически неустойчивы, то основным процессом, который оказывает влияние на состав сточных вод, является гидролиз компонентов КФС.