

Введение Азот относится к жизненно важным и необходимым элементам всех живых систем, в том числе водных. Его содержание и соотношение с растворенными органическими и неорганическими веществами в водной среде оказывает определенное влияние на структуру самого гидробиоценоза и его отдельных элементов в частности. Минеральные формы азота представлены в водной среде в виде аммонийных, нитратных и нитритных ионов, которые генетически связаны и могут переходить из одной формы в другую. Также в аэротенках очистных сооружений происходит биологическая трансформация азота из одной формы в другую [1]. Перечисленные выше формы азота вызывают повышенный интерес и в связи с тем, что они входят в число показателей загрязненности водной среды и обладают токсичностью. В то же время соединения азота относятся к приоритетным загрязняющим веществам водоемов Республики Татарстан. Содержание азота в поверхностных водах может варьировать: аммонийного - от 0 до 5,25 мг/л (ПДК 0,39 мг/л), нитритного - от 0 до 0,6 мг/л (ПДК 0,02 мг/л), нитратного - от 0 до 5,0 мг/л [2]. При этом именно по азотной группе водоемы и водотоки Республики Татарстан испытывают основную антропогенную нагрузку [3]. Реакция гидробиоценоза на загрязнение азотными соединениями неоднозначна и отдельные его составляющие по разному на него реагируют. Рядом исследователей наиболее показательной и перспективной группой в мониторинговых исследованиях, в числе при загрязнении азотными соединениями, признаются инфузории [4] В отличие от большинства групп гидробионтов, они дают наименьшее запаздывание по отношению к физическим и химическим показателям вод. Инфузории наиболее чувствительны к изменениям условий в окружающей среде (t_0 , O_2 , Ph , Eh , CO_2 , NH_3 -, NH_4 -, PO_4 -, H_2S) и раньше других организмов реагируют на эти изменения. При резких посторонних воздействиях инфузории сокращают свою численность, при более длительных — изменяют свой видовой состав. Цель работы – выявить изменения основных структурных характеристик инфузорного сообщества в условиях нагрузки по нитратному азоту. Материал и методика Исследования проводили в течение трех вегетационных сезонов 2005-2008 гг. в условиях мезокосм, включавших природную воду объемом 30 л, взятую из озера Средний Кабан. Моделировали два типа водоема - заросший (с рогозом узколиственным) и открытый (без него). В качестве биогенного вещества выступал нитратный азот. Всего было поставлено 6 вариантов: 1. контроль природная вода (ПВ); 2. ПВ с азотом в концентрации 40 мг/л – N40; 3. ПВ с азотом в концентрации 400 мг/л – N400; 4. Контроль с высшей водной растительностью – ПВ +BVP; 5. ПВ с BVP и азотом в концентрации 40 мг/л – BVP+N40; 6. ПВ с BVP и азотом в концентрации 400 мг/л – BVP+N400; То есть, использовали 2 концентрации азота: в пределах ПДК для рыбохозяйственных водоемов (40 мг/л) и 10 ПДК (концентрации рассчитывали по нитратному азоту). Эксперимент проводили с мая по сентябрь. Отбор проб инфузорий производили в контроле - в

мае, июне и сентябре, в экспериментальных вариантах – в июне и сентябре. Из каждой емкости с экспериментальным вариантом отбирали по 300 мл воды. Обработку проб производили согласно общепринятой методике [5]. Для характеристики сообщества цилиопланктона использовали количество видов, численность и биомассу инфузорий в 1 м³ воды. Статистическая обработка материала проводилась с помощью стандартного пакета программ Microsoft Excel. Результаты и их обсуждение В начале постановки эксперимента в конце мая, в контрольных пробах воды, отобранных из оз. Средний Кабан, фауна инфузорий была представлена 15-ю видами. Сообщество инфузорий в этот период находилось в промежуточной стадии развития. Присутствовали как эфемерные виды, такие как *Amphileptus claparedei* Stein, эврибионтные виды (*Halteria grandinella* Muller, *Strobilidium velox* Faure-Fremiet, *Strombidium viride* Stein, так и летние виды (*Askenasia volvox* Eichwald, *Tintinnidium fluviatile* Stein). Помимо этого, отмечено, что в пробах присутствовали помимо планктонных форм инфузорий, типично бентосные формы (*Aspidisca costata* Dujardin, *Stylonichia mytilis* Ehrenberg). Численность инфузорий была очень высокой и достигала в 2006 году 209199,0 тыс. экз./м³, составляя в среднем $40064,1 \pm 24359,5$ тыс. экз./м³. Доминировал по численности *Strombidium viridae* f. pelagica, доля которого достигала 40 %. Биомасса инфузорий также была очень высокой и достигала 5,28 г/м³, составляя в среднем $3,26 \pm 0,76$ г/м³. Летний период характеризуется снижением общего количества видов инфузорий и их численности. Основу цилиопланктона составляют эврибионтные виды альгофаги *S. viridae*, *St. velox*, бактерио-детритофаг *H. grandinella*, гистиофаг *Coleps hirtus* Nutzs. Средние значения численности летом составляют 9867.0 тыс. экз./м³, биомассы – 1.074 г/м³. Осенью количественные показатели цилиопланктона несколько снижаются, составляя в среднем 4593 тыс. экз./м³ и 0.624 г/м³. Такие высокие значения указывают на гиперэвтрофирование и характерны для озера Средний Кабан [6]. В ходе эксперимента, в июне, в контроле видовое разнообразие инфузорий снизилось в 2 раза, численность - в 10 раз, биомасса – в 5,9 раза. В пробах присутствовали эврибионтные мелкоразмерные инфузории, доминировал среди которых *H. grandinella* (79 % численности). В контроле с высшей водной растительностью (ВВР) присутствовало всего 3 вида инфузорий (снижение по сравнению с маем в 5 раз, по сравнению с контролем ПВ в 2,7 раза). Однако численность инфузорий в 2 раза выше, чем в контроле без ВВР. Доминирует при этом *H. grandinella* (85 % численности и 46 % биомассы). Рис. 1 - Динамика численности и биомассы инфузорий, в контроле ПВ: 1 – май, 2 – июнь, 3 – июль, 4 – сентябрь В июле происходило дальнейшее снижение численности и биомассы инфузорий в контроле ПВ (рис. 1), численность инфузорий составляет 1980 тыс.экз/м³, а биомасса – всего 0,122 г/м³. В планктоне развивались всего 3 вида, доминировал из которых *C. hirtus* (66 % численности и 76 % биомассы). Осенью численность инфузорий еще ниже всего 660 тыс.экз/м³, биомасса также

низкая – 0,022 г/м³, доминировал в это время гистиофаг *C. hirtus*. То есть, в контроле, где находилась только природная вода и отсутствовало поступление органических веществ извне, развитие инфузорий происходило по нисходящей кривой. По мере использования органики инфузориями, численность их снизилась, видовое разнообразие при этом уменьшилось. Присутствовали только эврибионтные мелкоразмерные виды, при этом доминировал вид, питающийся разлагающимися организмами. Подобная тенденция отмечалась некоторыми авторами при изучении вторичной сукцессии инфузорий [7]. В контроле с BBR количественные характеристики инфузорий увеличивались в 1,7 раза, доминировал при этом вид *H. grandinella*. В сентябре численность и биомасса снижались (рис. 2), но при этом оставались почти в 10 раз выше, чем в контроле ПВ. Видовое разнообразие здесь также выше, чем в летний период и чем в контроле с ПВ. То есть, высшая водная растительность стимулирует развитие инфузорий, обеспечивая их необходимыми органическими веществами. Данные особенности влияния BBR на гидробиоценозы отмечались и для естественных экосистем. В частности, в зарослях рогоза узколистного на мелководьях Куйбышевского водохранилища численность инфузорий была в 2 раза выше, чем на открытой литорали [8].

ПВ+N40. При внесении в воду N40 происходит резкое увеличение численности и биомассы инфузорий. Доминирует хищный вид *Monodinium balbiani* Fabre- Domerdus. К осени ко- Рис. 2 - Динамика численности и биомассы инфузорий в контроле ПВ+BBR: 1– июнь, 2 –июль, 3 – сентябрь

личество инфузорий снижается в 200 раз, а в пробах доминирует мелкая бентосная инфузория *A. costata*. При этом в пробах отмечено всего 2 вида.

ПВ+N400. N400 вызывает также увеличение численности инфузорий, однако это увеличение не такое резкое, только в 3,7 раза. Биомасса увеличивается по сравнению с контролем в 52 раза и составляет 6 г/м³, доминирует здесь крупная инфузория *Paramecium caudatum* Ehrenberg. К осени численность инфузорий увеличивается в 2 раза, биомасса в 2,7 раза по сравнению с летом, и в 22 раза выше численности в контроле и в 727 раз выше биомассы в контроле. В это время в данном варианте фауна инфузорий схожа с весенним комплексом инфузорий. Доминирует по биомассе бентосная инфузория *S. mitilis*. То есть, влияние N400 на инфузорий носит пролонгированный, стимулирующий характер: от момента внесения в мае, до сентября происходило постепенное усвоение азота в наблюдаемой экосистеме, преобразование его в доступную для потребления инфузориями форму.

ПВ+BBR+N40. При внесении азота резких изменение в сообществе инфузорий не наблюдается по сравнению с контролем ПВ+BBR. Характерно доминирование одного вида *H. grandinella* (96,2 %). Однако к осени численность инфузорий в 5 раз выше, чем в контроле, а биомасса выше в 600 раз. Доминирует в пробах гистиофаг *Coleps hirtus* (57 %). То есть, происходит стимулирование развития инфузорий.

ПВ+BBR+N400. Внесение N400 подавляет развитие инфузорий на начальном этапе. Это связано, видимо с тем фактом, что

сами ВВР вызывают стимулирующее действие на инфузорий, выделяя биогенные вещества в воду. Дополнительное внесение последних в такой концентрации носит видимо токсичный характер. Осенью сообщество инфузорий представлено только одним видом – мелкой эврибионтной формой *H. grandinella*. Анализируя влияние азота на инфузорное сообщество можно сказать, что данное влияние неоднозначно. С одной стороны внесение азота стимулирует развитие инфузорий в вариантах без ВВР. При этом влияние азота носит пролонгированный характер. Внесение азота в концентрации 10 ПДК в ПВ с ВВР подавляет развитие инфузорий. В контроле же развитие инфузорий происходит по нисходящему графику от весны к осени. В остальных вариантах наоборот, увеличение численности и биомассы в осенний период, что объясняется усвоением азота. Эксперименты, проведенные с инфузориями аэротенков, в частности с *Spirostomum teres* Claparede et Lachmann, выявили, что в растворах с нитратами (35 мг/л, 45 мг/л и 55 мг/л) происходит снижение количества клеток, а в контрольном растворе – численность продолжает расти [9]. В тоже время, автором выявлено изменение эколого-морфологических показателей инфузорий под влиянием нитратов, в отличие от контроля, в частности уменьшение размеров тела, сократительной вакуоли, перистомы. По результатам экспериментальных исследований с Рогозом узколистым было выявлено, что высокие концентрации азота (10 ПДК и выше) вызывают морфо-анатомические изменения в корневых клетках [10]. В то же время отмечается, что рогоз в условиях нагрузки по азоту улучшает качество природной среды за счет снижения в ней нитратов. Полученные нами результаты в целом согласуются с вышеуказанными литературными источниками: к концу эксперимента в пробах присутствовали только мелкоразмерные формы инфузорий. То есть, высокие концентрации азота в среде приводят к изменению популяционных характеристик сообщества инфузорий: снижению видового состава, уменьшению размерных характеристик, связанных с морфологическими изменениями клетки. В природных водоемах высокие концентрации биогенных веществ способны выдерживать именно мелкоразмерные виды, такие как *S. viridae*, который в таких условиях образует, вместе с *C. hirtus*, основу микропланктонного сообщества [11].