

УДК 628.394 (597–25)

ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА МИКРООРГАНИЗМОВ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ОЧИСТКУ СТОЧНЫХ ВОД

Джумагулова Назира Тентимишовна^{1,2},
dnazira@rambler.ru

Гаврилов Иван Евгеньевич²,
gavrilov.i.e@yandex.ru

Нгуен Динь Дап¹,
nguyendinhdap@gmail.com

¹ Московский государственный строительный университет,
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26

² Аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева,
Россия, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49.

Актуальность. Одним из наиболее эффективных способов очистки сточных вод является биохимический метод, дающий возможность практически полностью удалить из сточных вод различные растворенные органические вещества. Для улучшения окислительной мощности аэротенков и управления биохимическим процессом очистки сточных вод необходимо было выяснить экспериментально изменчивость биоценоза под влиянием среды и других факторов.

Целью настоящей работы является интенсификация биологической очистки сточных вод за счет непосредственного воздействия на метаболизм микроорганизмов активного ила.

Объекты: видовой и количественный состав микроорганизмов в результате очистки бытовых сточных вод на аэротенках; структуры и состава ферментов, сформировавшихся в процессе очистки.

Методы: исследование биоценоза, методы гидробиологического контроля активного ила и микроскопии активного ила. По исследованиям индикаторных организмов определяется эффективность процесса очистки сточных вод. При микроскопировании активного ила определяют функциональное состояние организмов, особенно индикаторных, подсчитывают организмы тем или иным методом количественного учета, классифицируют их по индикаторным группам, затем определяют тип биоценоза, его характерные особенности. Для исследования микроорганизмов активного ила с помощью микроскопирования используется метод «живой» капли под покровным стеклом.

Результаты. На основе проведенных исследований было выявлено, что снятие загрязнений по аммонийному азоту и фосфору до нормативно-допустимых значений в аэротенках без создания анаэробных зон недостижимо. Присутствие в водной среде органических веществ угнетает развитие нитрифицирующих бактерий, поэтому процесс нитрификации начинается лишь после окисления углеродсодержащих органических соединений, когда создаются условия для первой стадии нитрификации. Нитрифицирующие бактерии также способны накапливать полифосфаты в своих клетках. В обычных условиях биологической очистки, если нитрификация неглубокая, за счет потребления фосфатов бактериями удаляется от 10 до 30 % растворенных соединений фосфора. Для развития нитрифицирующих бактерий в аэротенках старой конструкции возможно применение прикрепленной микрофлоры с помощью различных загрузок, а также создание в одном из коридоров анаэробных зон, с устройством перемешивающего оборудования и рециркуляции иловой смеси в голову сооружения. Исследование биоценозов активного ила по стадиям его развития позволяет определить доминирующие формы организмов в илах аэротенков, работающих с разными нагрузками на активный ил. При налаженной работе аэротенков в активном иле устанавливается постоянный биоценоз, соответствующий определенной стадии развития ила. Изменение этого биоценоза свидетельствует об изменении режима работы аэротенка.

Ключевые слова:

Активный ил, расход сточных вод, аэротенки, интенсификация процессов очистки, микроорганизмы, биоценоз.

Введение

До сих пор не существует совершенной системы биоиндикации процесса биологической очистки сточных вод. В процессе очистки происходит последовательность изменения видового состава активного ила, что связано с последовательностью удаления соответствующих субстратов из сточной жидкости. Переход биоценоза из одной стадии развития в другую связан с изменением количества питательных веществ в среде, т. е. в случае процесса с активным илом с нагрузкой по биологическому потреблению кислорода (БПК) на 1 г беззольного вещества [1]. В зависимости от состава сточных вод биоценоз активного ила может харак-

теризоваться высоким разнообразием – до 45 видов простейших, с различным численным преобладанием отдельных видов.

В настоящее время аэротенки, применяемые для очистки хозяйственно-бытовых и промышленных вод, с конструктивной точки зрения почти исчерпали свои возможности, позволяющие интенсифицировать процесс биологической очистки [2].

Все существующие отечественные и зарубежные математические моделирования процессов биологической очистки сточных вод разработаны на технологических параметрах работы сооружений (управление содержанием растворенного кислорода или нагрузкой на активный ил).

В результате решения этих моделей дана рекомендация: строительство сложных многофункциональных очистных сооружений, включающих в свой состав технологическое оборудование различного назначения и принципа действия [3, 4].

Самым перспективным, и в то же время почти неисчерпаемым, можно считать путь интенсификации биологической очистки сточных вод за счет непосредственного воздействия на метаболизм микроорганизмов активного ила [5, 6]. Знание процессов, которые происходят в активном иле, позволяет оперативно выявлять воздействующие факторы, делать прогноз в процессе очистки сточных вод и, следовательно, управлять этим процессом [7, 8].

Во многих городах и поселках России очистные сооружения городской канализации построены в 60–70 гг. прошлого века [9]. Они исчерпали свои ресурсы, физически устарели и требуют реконструкции. К сбросу очищенных сточных вод предъявляются более жесткие требования по природоохранному нормированию.

Авторами проводились исследования биопленки на биофильтрах с различными загрузочными материалами, для удаления соединений азота из сточных вод в лабораторных условиях [10].

Получены результаты по аммонийному азоту и другим показателям, необходимые для сброса в водоемы рыбохозяйственного назначения, но биофильтры в основном предназначены для малых очистных сооружений [11]. Все организмы, которые входят в биоценоз активного ила, входят в биоценоз живой пленки биофильтров. Однако соотношение организмов в биофильтрах совсем другое, чем в активном иле [11, 12].

В процессе очистки производственных сточных вод в последнее время находят широкое применение реагентные и мембранные технологии. Данные технологии ведут к удорожанию процесса очистки сточных вод, кроме того, образуются химические отходы, размещение которых оказывает негативное воздействие на окружающую природную среду. В очистке сточных вод применяются химические, физико-химические, механические и биологические методы. Однако предпочтение следует отдавать биологическому методу очистки сточных вод, как наиболее распространенному и экономически выгодному. В текстильном производстве одним из основных загрязнителей является синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ). СПАВ входят в состав моющих средств и постоянно присутствуют в бытовых сточных водах, а также в производственных сточных водах ряда предприятий [11–14].

Результаты экспериментов показывают, что для снижения концентрации СПАВ до требуемых показателей биохимические методы очистки на аэротенках достаточно эффективны.

Управлять биохимическим процессом очистки сточных вод и значительно интенсифицировать его возможно лишь при условии знания роли опреде-

ляющих его факторов: состава микроорганизмов и их биохимических свойств на разных стадиях очистки; взаимоотношений отдельных групп микробов между собой; влияния условий среды (состава и концентрации сточных вод; температуры, pH); изменчивости среды и других факторов [15, 16].

Материалы и методы

Для повышения эффективности работы аэрационных сооружений и управления процессами биохимической очистки необходимо провести:

- 1) анализ качественных и количественных показателей очистки бытовых сточных вод на аэротенках и учет состава биоценоза;
- 2) исследование структуры и состава ферментов, сформировавшихся в процессе очистки;
- 3) исследование методов интенсификации работы аэротенков в процессе биологических методов очистки сточных вод.

Для исследования были выбраны аэротенки-вытеснители для полной биологической очистки. Расход сточных вод составляет на аэротенке средним 50 тыс. м³/сут, средняя доза иловой смеси активного ила 1,5 мг/л, содержание растворенного кислорода 2,7 мг/л, иловой индекс 87.

Температура 21,7 °С. В течение 21 дня ежедневно отбирались пробы в осветленной воде после механической очистки, перед поступлением сточной воды в аэротенк. Время пребывания осветленной воды в аэротенке составляет 6–7 часов, поэтому отбор проб очищенной воды производился во второй половине дня.

В очищенной воде исследовались показатели очистки воды, а в иловой смеси – структура и видовой состав активного ила.

Для оценки качества очистки в осветленной и очищенной воде отбирались пробы последующим показателям: взвешенные вещества, нефтепродукты, ПАВ, фосфаты и азот аммонийных солей [16].

Подсчет организмов производится с помощью микроскопирования. После подсчета всей микрофауны рассчитываются: количество видов, отношение прикрепленных микроорганизмов к свободно плавающим (коэффициент К), процентное отношение чувствительных микроорганизмов к устойчивым, индекс C_{уба} (в нем заложена информация как о количестве видов, так и об их численном распределении по видам) и количество микроорганизмов на дозу ила [17–21].

Отношение прикрепленных микроорганизмов к свободно плавающим [1]:

$$K = \frac{A}{B},$$

где К – коэффициент; А – прикрепленные микроорганизмы; В – свободно плавающие микроорганизмы.

Количество микроорганизмов на дозу ила [1]:

$$C = \frac{X}{V_{\text{кап}} m},$$

где C – количество организмов в пробе; X – количество экземпляров; $V_{\text{кап}}$ – объем капли (0,01 мл); m – доза ила по массе.

Индекс $Cuba$ [1]:

$$D = N + V,$$

где D – индекс $Cuba$; N – количество видов; V – единица равномерного распределения.

Результаты исследования и обсуждение

Гидробиологический анализ проб активного ила, отобранных из аэротенка, показал богатый видовой состав приблизительно 37 видов. Для аэротенков, работающих на полную очистку, характерно развитие зооглейных скоплений бактерий и мезасапробных простейших.

Биоценоз активного ила – это гибкий природный механизм, позволяющий сложноорганизованной сточной среде с присущей ей структурной неоднородностью обеспечивать наиболее эффективное распределение субстанций через изменение структуры микроорганизмов. Каждый раз при изменении параметров нагрузки система вынуждена подбирать наиболее эффективную конфигурацию взаимодействия с внешней средой за счет процессов самоорганизации, оптимизирующих это взаимодействие [22–25].

В табл. 1 показан видовой состав активного ила на 26.06.2017 г., отражены количественные параметры.

Для оценки состояния биоценоза активного ила сначала проводился качественный учет разнообразия организмов. Затем в тщательно перемешанной пробе просчитывали их количество. Подсчет организмов ведется с помощью микроскопирования. Сумма каждого отдельного вида микроорганизма в 1 капле (0,01 мл) заносится в таблицу.

Таблица 1. Количественный и качественный состав биоценоза активного ила

Table 1. Quantitative and qualitative composition of activated sludge biocenosis

Название Name	Количество Quantity	Название Name	Количество Quantity
Aspidiscostata	714	Centropixisaculeat	0
Chilodoncuculus	214	Centropixissp	286
Amphileptusclap	0	Pamphagushyalin	71
Litonotuscarinatus	0	Eugliphaacanthop	143
Spirostomumambigu	71	Bodoglobosus	357
Colepshirtus	214	Flagellatasp	571
Chaetonotusmax	143	Mastigamaeba	71
Epistylisrotens	1500	Amaebaproteus	143
Epistylisplacitilis	429	Amaebamedium	143
Operculariacooarc	0	Colurellasp	214
Vorticellalaba	71	Rotariarotatoria	357
Vorticellacovallaria	357	Philodinasp	71
Vorticellanutens	143	Lecaneinermis	143
Zoothamniumsp	286	Aeolosomahemprichi	429
Thuricolasimiles	214	Zoogloeauva	571
Podophriafixa	0	Actinomyces	0
Tokophryamollis	0	Filamentousbacteria	71
Arceivulgaris	857		

Большое разнообразие видов микроорганизмов, но в то же время неравномерное их количество зависит от расхода сточных вод, их состава и концентрации, температуры, pH. В ходе экспериментов установлено, что если поддерживать основные параметры сооружений – расход сточной воды и нагрузку по БПК стабильными, то сформируется определенный состав биоценоза активного ила.

В состав активного ила входят различные виды бактерий, инфузorios, коловратки, черви и т. д. В нашем случае преобладали следующие виды микроорганизмов:

- простейшие (Амаеба) – голые амебы. Низшие формы их лишены скелета и представляют собой голый комочек цитоплазмы;
- инфузории (Vorticellacovallaria) – одиночные инфузории. Относятся к классу наиболее высокоорганизованных представителей простейших, органами движения которых являются реснички, короткие волосовидные выросты плазмы [16, 19];
- коловратки (Rotariarotatoria) – микроскопические многоклеточные животные. У большинства коловраток довольно четко можно выделить головной отдел, туловище и ногу [11–14];
- грибы – составляют обширную группу организмов с совершенно особой биологической организацией. Тело гриба состоит из тонких нитей – гифов, образующих разветвленную структуру, называемую мицелием. Гифы представляют собой жесткие трубочки, заполненные моноядерной цитоплазмой [15];
- бактерии – нитчатые бактерии, представляющие собой длинные нити из соединительных вместе палочковидных клеток, покрытых общим чехлом. В пределах нити клетки размножаются простым делением. Бактерии играют основную роль в процессах изъятия и окисления органических и некоторых неорганических соединений при очистке сточных вод и самоочищении природных водоемов [26, 27].

Динамика развития микроорганизмов в зависимости от факторов среды представлена на рис. 1.

Из графиков видно, как в течение 21 дня проведения эксперимента сформировался определенный видовой состав биоценоза активного ила.

На рис. 2 представлен суточный расход сточных вод, доза ила и содержание растворенного кислорода во время эксперимента.

Следует отметить, что количественный состав микроорганизмов имеет прямую связь с поступающим расходом сточных вод.

После подсчета всей микрофауны рассчитываются: количество видов, отношение прикрепленных микроорганизмов к свободно плавающим (коэффициент K), процентное отношение чувствительных микроорганизмов к устойчивым, индекс $Cuba$ (в нем заложена информация, как о количестве видов, так и об их численном распределении по видам) и количество микроорганизмов на дозу ила (табл. 2).

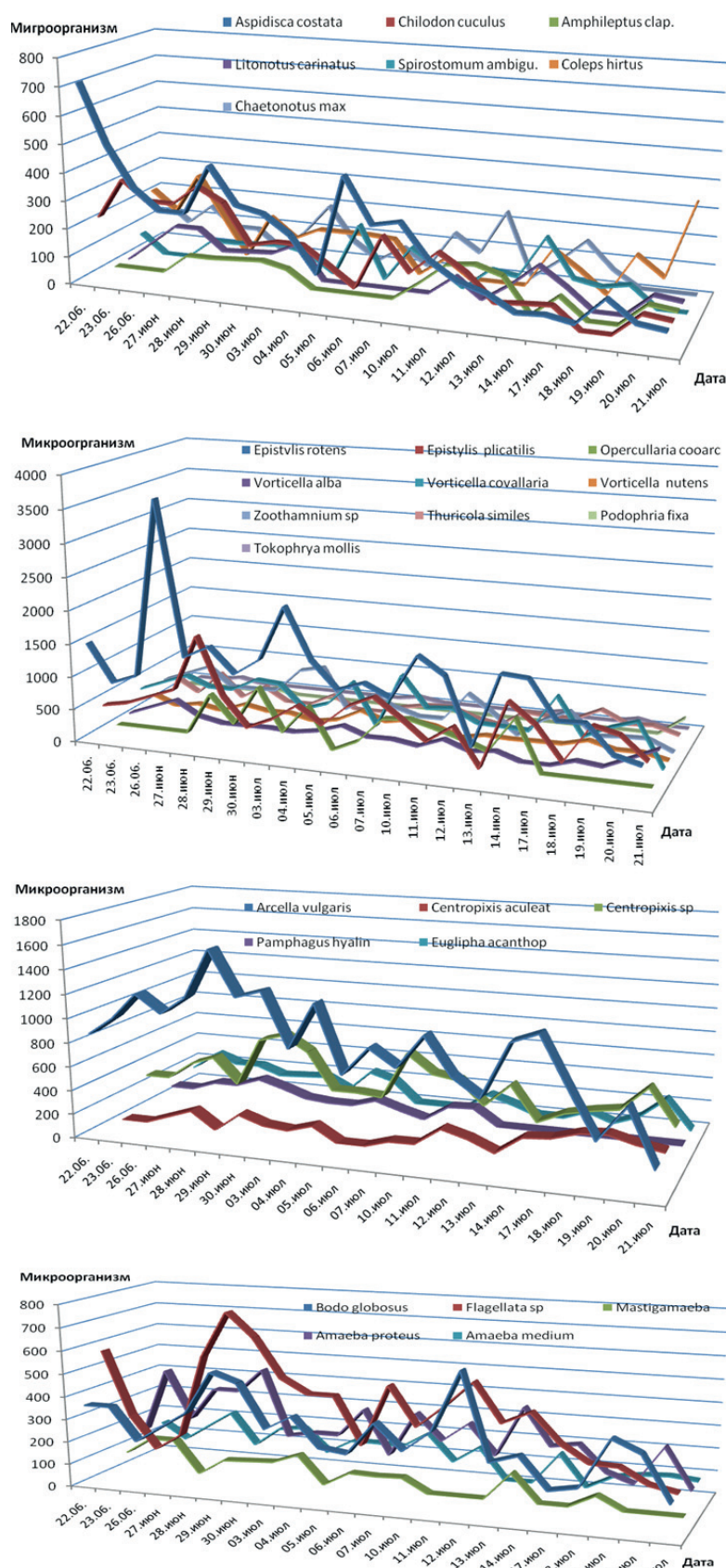


Рис. 1. Изменение состава микроорганизмов

Fig. 1. Change of structure of microorganisms

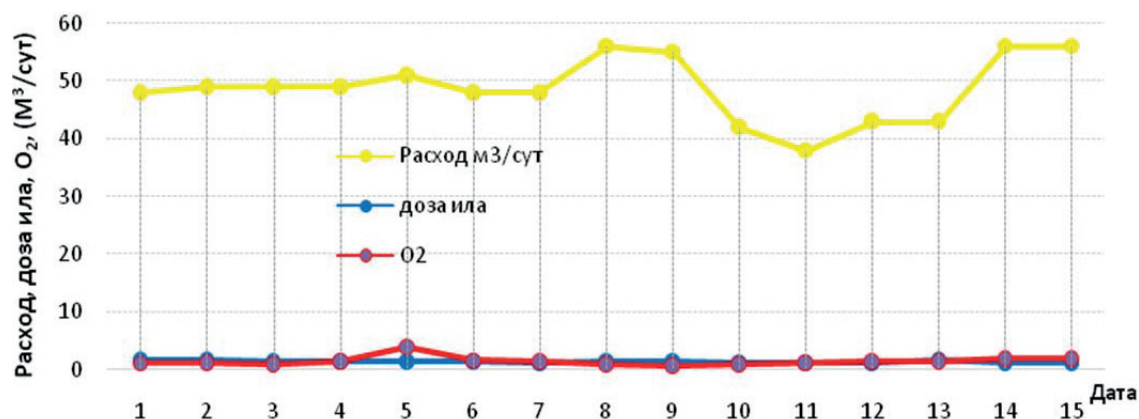


Рис. 2. Характеристики осветленной воды по расходу, дозе ила и растворенному кислороду

Fig. 2. Clarified water characteristics on discharge, sludge dose and dissolved oxygen

Таблица 2. Количественный учет микроорганизмов в активном иле

Table 2. Quantitative assessment of microorganisms in activated sludge

Количество видов Number of species	Отношение К Ratio K	Процентное отношение Percentage	Коэффициент Coefficient		Доза ила Sludge portion	Индекс Cuba Index
			1	2		
8929	3000	3214	0,04	0,96	1,4	28,7
8714	2571	3500	0,04	0,96	1,4	26,64
9786	3786	3643	0,03	0,97	1,4	31,78
12000	5429	3714	0,03	0,97	1,4	29,73
11214	5000	3786	0,03	0,97	1,4	32,81
13308	3769	5385	0,03	0,97	1,3	30,76
12083	3917	4333	0,03	0,97	1,2	32,81
10000	3500	3813	0,03	0,97	1,6	32,81
9875	4438	3188	0,04	0,96	1,6	27,67
9313	3750	3438	0,04	0,96	1,6	27,67
7000	3000	2059	0,04	0,96	1,7	28,70
10500	4500	3500	0,04	0,96	1,6	27,67
8600	3533	2667	0,04	0,96	1,5	28,70
10714	4143	3571	0,04	0,96	1,4	28,70
9769	3462	3000	0,04	0,96	1,3	28,70
6688	1750	2563	0,04	0,96	1,6	27,67
11143	4571	3071	0,03	0,97	1,4	29,73
10692	4154	2923	0,03	0,97	1,3	29,73
7765	2588	2471	0,04	0,96	1,7	28,70
8615	3154	2308	0,04	0,96	1,3	30,76
9250	2917	3083	0,03	0,97	1,2	28,70
5786	1929	1786	0,04	0,96	1,4	25,60

Из табл. 2 следует, что биоценоз активного ила имеет хороший видовой состав и все показатели в норме.

На рис. 3, в табл. 3, 4 представлены эффект очистки на выходе из аэротенка следующих веществ: взвешенные вещества, СПАВ и НП.

Как видно из рис. 4, качество очистки соответствует требованиям предельно допустимого сброса, за исключением тех дней, когда в осветленной воде сильно падает или сильно превышает концентрация взвешенного вещества. В таких случаях возможно биоценоз активного ила испытывает недостаток либо избыток питательных веществ, что приводит к ухудшению качественных показателей.

Таблица 3. Качество осаждения взвешенных веществ

Table 3. Quality of suspended substance sedimentation

Дата Date (2017)	Взвешенные вещества (освет. вода) Suspended solids (clarified water)	Взвешенные вещества (очии. вода) Suspended matter (cleaned up water)	НДС Norm allowable discharge	Расход, м³/сут Water discharge m³/l
	мг/л (mg/l)			
21.06	121	6,6	10	55
22.06	105	9,6	10	52
23.06	117	8,2	10	52
27.06	92	6,8	10	38
28.06	60	22	10	52
29.06	178	8,6	10	52
30.06	120	4,6	10	45
03.07	97	9	10	43
04.07	198	8,4	10	68
05.07	209	11,2	10	76
06.07	136	10	10	51
07.07	286	15,2	10	89
10.07	154	9	10	61
11.07	74	11,2	10	53
12.07	119	8,6	10	48
13.07	186	5,4	10	49
14.07	161	6,4	10	49
17.07	96	6,8	10	49
18.07	163	5,6	10	51
19.07	54	15,4	10	48
20.07	76	14,2	10	48

Качество очистки синтетических поверхностно-активных веществ при данном составе биоценоза активного ила значительно ниже нормативно допустимого сброса. В разделе обзора литературы отмечалась возможность применения биохимического метода для очистки сточных вод текстильного производства (непосредственно с варочных цехов).

Для достижения таких же показателей для очистки нефтепродуктов необходимо увеличить дозу активного ила и концентрацию растворенного кислорода на 15–20 %. Из табл. 4 следует, что качественные показатели в очищенной воде по нефтепродуктам незначительно превышают нормативно-допустимые сбросы.

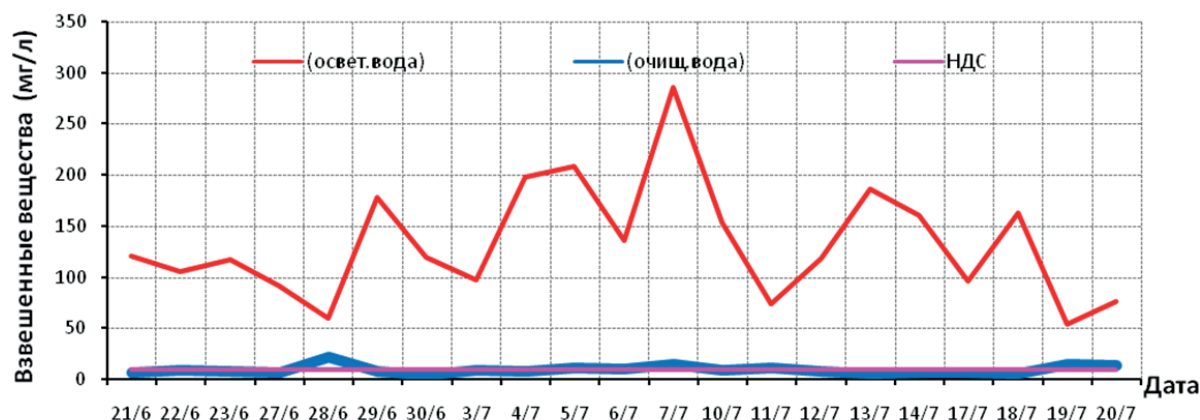


Рис. 3. Процесс осаждения взвешенных веществ

Fig. 3. Suspended substance sedimentation

Таблица 4. Качества очистки СПАВ и нефтепродуктов

Table 4. Synthetic surfactants and oil products treatment quality

Дата/время (2017 г.) Date/time (2017)	Качество очистки СПАВ Quality of cleaning synthetic surfactants			Качество очистки нефтепродуктов Mineral oil refining quality		
	СПАВ (освет. вода) Synthetic surfactants (clarified water)	СПАВ (очищ. вода) Synthetic surfactants (cleaned up water)	НДС Norm allowable discharge	НП (освет. вода) Mineral oil (clarified water)	НП (очищ. вода) Mineral oil (cleaned up water)	НДС Norm allowable discharge
	мг/л (mg/l)					
21.06/10-20	2,8	0,06	0,5	2,4	0,07	0,05
22.06/10-00	2,4	0,046	0,5	1,7	0,07	0,05
23.06/10-05	1,9	0,055	0,5	2,2	0,06	0,05
26.06/10-00	2,5	0,067	0,5	2,4	0,09	0,05
27.06/10-10	2	0,057	0,5	2,8	0,07	0,05
28.06/10-20	2,4	0,069	0,5	2,6	0,06	0,05
29.06/10-00	2,6	0,049	0,5	2,8	0,05	0,05
30.06/10-15	2,2	0,051	0,5	1,9	0,08	0,05
03.07/10-00	2,7	0,074	0,5	2,1	0,12	0,05
04.07/10-00	1,9	0,045	0,5	2,4	0,09	0,05
05.07/10-25	3	0,071	0,5	2,4	0,12	0,05
06.07/10-40	2,3	0,064	0,5	2,6	0,11	0,05
07.07/10-20	2,1	0,06	0,5	2,3	0,09	0,05
10.07/10-30	2	0,073	0,5	2,7	0,08	0,05
11.07/10-05	2,5	0,058	0,5	2,5	0,06	0,05
12.07/10-15	2,1	0,068	0,5	2,3	0,07	0,05
13.07/10-25	1,7	0,054	0,5	3,7	0,09	0,05
14.07/10-05	2,6	0,055	0,5	2,9	0,07	0,05
17.07/10-15	3,1	0,068	0,5	3,5	0,15	0,05
18.07/10-10	2,2	0,059	0,5	3,4	0,08	0,05
19.07/10-20	2,1	0,061	0,5	2,7	0,08	0,05
20.07/10-25	2	0,063	0,5	2,3	0,09	0,05
21.07/10-20	2,6	0,049	0,5	2,5	0,07	0,05

Выводы и обсуждение

На основе проведенных исследований было выявлено, что снятие загрязнений по аммонийному азоту и фосфору до нормативно-допустимых значе-

ний в аэротенках без создания анаэробных зон недостижимо.

Присутствие в водной среде органических веществ угнетает развитие нитрифицирующих бактерий, поэтому процесс нитрификации начинается лишь после окисления углеродсодержащих органических соединений, когда создаются условия для первой стадии нитрификации. Нитрифицирующие бактерии также способны накапливать полифосфаты в своих клетках. В обычных условиях биологической очистки, если нитрификация неглубокая, за счет потребления фосфатов бактериями удаляется от 10 до 30 % растворенных соединений фосфора [28].

Для развития нитрифицирующих бактерий в аэротенках старой конструкции возможно применение прикрепленной микрофлоры с помощью различных загрузок, а также создание в одном из коридоров анаэробных зон, с устройством перемешивающего оборудования и рециркуляции иловой смеси в голову сооружения.

Увеличивая или уменьшая приток загрязнений к активному илу, можно искусственно регулировать биоценоз активного ила, скорости его роста и изъятия загрязнений, т. е. количество избыточного ила и качество очищенной сточной жидкости.

Таким образом, исследование биоценозов активного ила по стадиям его развития позволяет определить доминирующие формы организмов в илах аэротенков, работающих с разными нагрузками на активный ил. При налаженной работе аэротенков в активном иле устанавливается постоянный биоценоз, соответствующий определенной стадии развития ила. Изменение этого биоценоза свидетельствует об изменении режима работы аэротенка.

Представляет интерес изучение различной нагрузки на микроорганизмы по загрязняющим веществам, при которой процесс биологической очистки будет протекать в той или иной стадии развития активного ила.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по проведению гидробиологического контроля на сооружениях биологической очистки с аэротенками. – М.: Пермь, 2004. – 52 с.
2. Волков С.А., Макиша Е.В. Формирование списков правил для верификации информационных моделей строительных объектов. Ч. 1 // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4. URL: iv-don.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5347 (дата обращения 01.11.2018).
3. Гогина Е.С., Гульшин И.А. Моделирование энергоэффективного процесса биологической очистки сточных вод в циркуляционном окислительном канале // Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – № 9. – С. 42–48.
4. Гогина Е.С., Гульшин И.А. Удаление азота в модели циркуляционного окислительного канала при пониженном содержании органики в сточных водах // Водоснабжение и санитарная техника. – 2017. – № 12. – С. 26–33.
5. Gulshin I. The settling behavior of an activated sludge with simultaneous nitrification and denitrification // Matec Web of Conferences. – 2017. – № 106. – P. 07002.
6. Алексеев Е.В. Экологические аспекты очистки сточных вод, содержащих биологически стойкие органические вещества // Вода и экология: проблемы и решения. – 2005. – № 4. – С. 68–77.
7. Wang J. Application of radiation technology to sewage sludge processing: a review // Journal of Hazardous Materials. – 2007. – V. 143. – Iss. 1–2. – P. 2–7.
8. Factors affecting disinfection and stabilization of sewage sludge / A. Bethany, S. Robert, Jr. Smith, E. James, D. Suresh // Proc. of the Water Environment Federation. – Publisher: Water Environment Federation. – 2006. – Session 61 through session 70. – P. 5345–5361.
9. Кузнецов Н.Б. Прикладная экиботехнология. 3-е изд., доп. – М.: БИНОМ, 2015. – 629 с.
10. Gogina E.S., Yantsen O.V. Research of biofilter feed properties // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – T. 10. – № 24. – P. 44070–44074.
11. Интенсификация процессов удаления соединений азота из сточных вод на биофильтрах / Е.С. Гогина, О.В. Янцен, О.А. Ружицкая, В. Дабровски, Р. Жилка, Д. Борушко // Вода и экология. – 2016. – № 3. – С. 35–46.
12. Gogina E., Gulshin I. Simultaneous denitrification and nitrification in the lab-scale oxidation with low C/N ratio // Procedia Engineering. – 2015. – V. 117. – P. 107–113.
13. Gogina E., Gulshin I. The single-sludge dinitri-nitrification system in reconstruction of wastewater treatment plants in the Russian Federation // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – T. 580–583. – P. 2367–2369.
14. Gogina E., Ruzhitskaya O. One-sludge dinitri-nitrification system in reconstruction of biological treatment stations in Russian Federation Applied Mechanics and Materials. – 2015. – V. 726–727. – P. 1325–1331.
15. Алексеев Е.В. Физико-химическая очистка сточных вод. – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 248 с.
16. Ruzhitskaya O., Yantsen O. Wastewater treatment to remove phosphates and organic pollutions // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – T. 11. – № 5. – P. 3496–3498.
17. Laboratory research of zeolit use for treatment of wastewater of different origin / N. Makisha, Yu. Voronov, E. Poupyrev, V. Volshanik // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – V. 10. – № 21. – P. 41919–41922.
18. Zaletova N., Voronov Yu., Makisha N. Conditions of advanced removal of phosphorus at wastewater treatment plants // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – V. 10. – № 21. – P. 42544–42555.
19. Gulshin I., Kuzina A. Adaptation of nitrifying activated sludge to simultaneous nitrification and denitrification in the lab-scale oxidation ditch // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – V. 10. – № 21. – P. 42618–42655.
20. Percolation units for wastewater treatment / N. Makisha, V. Scherbakov, A. Smirnov, E. Sherbina // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – V. 10. – № 24. – P. 444347–44349.
21. Calculation of biogas facilities of recycling of organic sewage sludge of breeding factories / V. Scherbakov, E. Gogina, T. Schukina, N. Kuznetsova, N. Makisha, E. Poupyrev // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – V. 10. – № 24. – P. 444347–44349.
22. Козлов М.Н., Дорофеев А.Г., Асеева В.Г. Микробиологический контроль активного ила биореакторов очистки сточных вод от биогенных элементов. – М.: Изд-во «Наука», 2012. – 80 с.
23. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВАРОС, 2003. – 507 с.
24. Евсеева Т.И., Мелехова О.П., Саранульцева Е.И. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование. 2-е изд., доп. – М.: Академия, 2008. – 288 с.
25. Методические указания по отбору проб для анализа сточных вод. ПНД Ф 12.15.1–08. – М.: Госсанэпиднадзор, 2008. – 23 с.
26. Будник Л.И., Джумагулова Н.Т. Методы биотестирования в системе экологического мониторинга водной среды // Проблемы устойчивости и безопасности систем жизнеобеспечения в сфере жилищно-коммунального хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции. – М.: Изд-во Леонид Будник, 2011. – С. 279–285.
27. Будник Л.И., Сотникова Л.А., Джумагулова Н.Т. Некоторые аспекты математического обеспечения системы экологического мониторинга водных объектов // Водоснабжение и водоотведение мегаполиса: Материалы II международной научно-практической конференции. – М.: Изд-во Леонид Будник, 2011. – С. 312–323.
28. Большаков Н.Ю. Очистка от биогенных элементов на городских очистных сооружениях. – М.: Изд-во СПб Политехнического университета, 2010. – 112 с.

Поступила 12.11.2018 г.

Информация об авторах

Джумагулова Н.Т., кандидат технических наук, доцент кафедры гидравлики и гидротехнического строительства Московского государственного строительного университета; доцент кафедры организации и технологии строительства объектов Аграрного университета МСХА им. К.А. Тимирязева.

Гаврилов И.Е., ассистент кафедры организации и технологии строительства объектов Аграрного университета МСХА им. К.А. Тимирязева.

Нгуен Динь Дап, аспирант кафедры гидравлики и гидротехнического строительства Московского государственного строительного университета.

UDC 628.394 (597–25)

STUDYING SPECIES COMPOSITION OF MICROORGANISMS PERFORMING WASTEWATER TREATMENT

Nazira T. Dzhumagulova^{1,2},
dnazira@rambler.ru

Ivan E. Gavrilov²,
gavrilov.i.e@yandex.ru

Nguyen Dinh Dap¹,
nguyendinhdap@gmail.com

¹ Moscow State University of Civil Engineering,
26, Yaroslavskoe road, Moscow, 129337, Russia.

² Agrarian University named after K.A. Timiryazev,
49, Timiryazevskaya street, Moscow, 127550, Russia.

The relevance. One of the most effective methods of wastewater treatment is the biochemical one, which makes it possible to remove almost completely various dissolved organic substances from wastewater. To improve the oxidative power of aeration tanks and control the biochemical process of wastewater treatment, it was necessary to determine experimentally the variability of the biocenosis under the influence of the environment and other factors.

The main aim of the research is to intensify biological wastewater treatment by means of direct effect upon the metabolism of activated sludge microorganisms

Objects: species and quantitative composition of microorganisms as a result of treatment of domestic wastewater in aeration tanks; structure and composition of enzymes formed at purification.

Methods: research of biocenosis, methods of hydrobiological control of activated sludge and microscopy of activated sludge. During microscopy of activated sludge, the functional state of organisms, especially indicator ones, is determined, organisms are counted by one or another method of quantitative accounting, they are classified by indicator groups, then the type of biocenosis and its characteristic features are determined. To study microorganisms of activated sludge using microscopy, the method of «live» drops under a coverslip is used.

Results. Based on the carried out research it was identified that the removal of ammonium nitrogen and phosphorus pollution to standard allowable value in continuous-flow aerotanks without anaerobic zones is unattainable. Organic matters in aquatic medium oppress nitrifying bacteria development, therefore nitrification begins only after oxidation of carboniferous organic compounds under the conditions of the first stage of nitrification. Nitrobacteria are also capable to accumulate polyphosphates in their cells. Normally, considering superficial nitrification and phosphates demand of bacteria, biological treatment removes from 10 to 30 % of the dissolved phosphorus compounds. For developing nitrobacteria in retrofit designed aerotanks, it is possible to apply the attached microflora by means of various loadings and creation of anaerobic zones in one of the corridors, with the mixer and recycling of sludge mix in the construction head. The research of activated sludge biocenosis on its development stages helps determine the dominating forms of organisms in aerotanks working with different sludge loads. Smooth aerotank operating in activated sludge allows the constant biocenosis corresponding to a particular developmental stage. Biocenosis change demonstrates the change of aerotank operating mode.

Key words:

Activated sludge, sewage flow rate, aerotanks, water treatment intensification, microorganisms, biocenosis.

REFEPENCES

1. *Rekomendatsii po provedeniyu gidrobiologicheskogo kontrolya na sooruzheniyakh biologicheskoy ochistki s aerotenkami* [Recommendations on conducting hydrobiological control on biological treatment facilities by aerotanks]. Moscow, Perm Publ., 2004. 52 p.
2. Volkov S. A., Makisha E. V. Formirovanie spiskov pravil dlya verifikatsii informatsionnykh modeley stroitelnykh obektov. Ch. 1 [Formation of lists of rules for verification of information models of construction objects. P. 1]. *Engineering Bulletin of the Don*, 2018, no. 4. Available at: ivdon.ru/ru/magazine/archiv/n4y2018/5347 (accessed 01 November 2018).
3. Gogina E.S., Gulshin I.A. Modelirovanie energoeffektivnogo protsessa biologicheskoy ochistki stochnykh vod v tsirkulyatsionnom okislitelnom kanale [Modeling energy-efficient biological wastewater treatment in a circulating oxidizing channel]. *Vodospabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, 2016, no. 9, pp. 42–48.
4. Gogina E.S., Gulshin I.A. Udalenie azota v modeli tsirkulyatsionnogo okislitel'nogo kanala pri ponizhenном soderzhanii organiki v stochnykh vodakh [Nitrogen removal in a model of a circulating oxidizing channel with a low organic content in wastewater]. *Vodospabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, 2017, no. 12, pp. 26–33.
5. Gulshin I. The settling behavior of an activated sludge with simultaneous nitrification and denitrification. *Matec Web of Conferences*, 2017, no. 106, pp. 07002.
6. Alekseev E.V. Ecological aspects of wastewater treatment containing biologically resistant organic substances. *Water and ecology: problems and solutions*, 2015, no. 4, pp. 68–77. In Rus.
7. Wang J. Application of radiation technology to sewage sludge processing: a review. *Journal of Hazardous Materials*, 2007, vol. 143, Iss. 1–2, pp. 2–7.
8. Bethany A., Robert S., Smith Jr., James E., Suresh D. Factors affecting disinfection and stabilization of sewage sludge. *Proc. of the Water Environment Federation*, Publisher: *Water Environment Federation*, 2006, Session 61 through session 70, pp. 5345–5361.
9. Kuznetsov N.B. *Prikladnaya ekobiotehnologiya* [Applied ecobiotechnology. 3rd ed]. Moscow, BINOM. Laboratory of Knowledge Publ., 2015. 629 p.

10. Gogina E.S., Yantsen O.V. Research of biofilter feed properties. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015, vol. 10, no. 24, pp. 44070–44074.
11. Gogina E.S., Yantsen O.V., Ruzhitskaya O.A., Dabrowski V., Zhilka R., Boruzhko D. Intensification of processes of removal of nitrogen compounds from wastewater on biofilters. *Water and ecology: problems and solutions*, 2016, no. 3, pp. 35–46. In Rus.
12. Gogina E., Gulshin I. Simultaneous denitrification and nitrification in the lab-scale oxidation ditch with low C/N ratio. *Procedia Engineering*, 2015, vol. 117, pp. 107–113.
13. Gogina E., Gulshin I. The single-sludge denitri-nitrification system in reconstruction of wastewater treatment plants in the Russian Federation. *Applied Mechanics and Material*, 2015, vol. 580–583, pp. 2367–2369.
14. Gogina E., Ruzhitskaya O. One-sludge dinitri-nitrification system in reconstruction of biological treatment stations in Russian Federation. *Applied Mechanics and Materials*, 2015, vol. 726–727, pp. 1325–1331.
15. Alexeev E.V. *Fiziko-khimicheskaya ochistka stochnykh vod* [Physicochemical treatment of wastewater]. Moscow, ACU Publ. house of the, 2007. pp. 196–205.
16. Ruzhitskaya O., Yantsen O. Wastewater treatment to remove phosphates and organic pollutions. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2016, vol. 11, no. 5, pp. 3496–3498.
17. Makisha N., Voronov Yu., Poupyrev E., Volshanik V. Laboratory research of zeolit use for treatment of wastewater of different origin. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015, vol. 10, no. 21, pp. 41919–41922.
18. Zaletova N., Voronov Yu., Makisha N. Conditions of advanced removal of phosphorus at wastewater treatment plants. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015, vol. 10, no. 21, pp. 42544–42555.
19. Gulshin I., Kuzina A. Adaptation of nitrifying activated sludge to simultaneous nitrification and denification in the lab-scale oxidation ditch. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015, vol. 10, no. 21, pp. 42618–42455.
20. Makisha N., Scherbakov V., Smirnov A., Sherbina E. Percolation units for wastewater treatment. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015, vol. 10, no. 24, pp. 444347–44349.
21. Sherbakov V., Gogina E., Schukina T., Kuznetsova N., Makisha N., Poupyrev E. Calculation of biogas facilities of recycling of organic sewage sludge of breeding factories. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015, vol. 10, no. 24, pp. 444347–44349.
22. Kozlov M.N., Dorofeev A.G., Aseeva V.G. *Mikrobiologicheskii kontrol aktivnogo i bioreaktorov ochistki stochnykh vod ot biogennykh elementov* [Microbiological control of active sludge of bioreactors of wastewater treatment from biogenic elements]. Moscow, Nauka Publ., 2012. 80 p.
23. Zhmur N.S. *Tekhnologicheskie i biokhimicheskie protsessy ochistki stochnykh vod na sooruzheniyakh s aerotankami* [Technological and biochemical processes of wastewater treatment at structures with aerotanks]. Moscow, AKVAROS Publ., 2003. pp. 312–317.
24. Evseeva T.I., Melekhova O.P., Saranultseva E.I. *Biologicheskii kontrol okruzhayushchey sredy. Bioindikatsiya i biotestirovanie* [Biological control of the environment. Bioindication and biotesting]. Moscow, Akademiya Publ., 2008. pp. 211–214.
25. *Metodicheskie ukazaniya po otboru prob dlya analiza stochnykh vod. PND F 12.15.1–08* [Methodological instructions for sampling for the analysis of sewage PND F 12.15.1–08]. Moscow, Gossanepidnadzor Publ., 2008. pp. 5–12.
26. Budnik L.I., Dzhumagulova N.T. *Metody biotestirovaniya v sisteme ekologicheskogo monitoringa vodnoy sredy* [Methods of biotesting in the system of ecological monitoring of the aquatic environment]. *Problemy ustoychivosti i bezopasnosti sistem zhizneobespecheniya v sfere zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Materials of the International Scientific and Practical Conference. Problems of sustainability and safety of life support systems in the sphere of housing and communal services]. Moscow, Leonid Budnik Publ., 2011. pp. 279–285.
27. Budnik L.I., Sotnikova L.A., Dzhumagulova N.T. *Nekotorye aspekty matematicheskogo obespecheniya sistemy ekologicheskogo monitoringa vodnykh obektov* [Some aspects of the mathematical support of the system of ecological monitoring of water bodies]. *Vodosnabzhenie i vodoootvedenie megapolisa. Materialy II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Materials of the second international scientific and practical conference. Water supply and water management of a megacity]. Moscow, Leonid Budnik Publ., 2011. pp. 312–323.
28. Bolshakov N.Yu. *Ochistka ot biogennykh elementov na gorodskikh ochistnykh sooruzheniyakh* [Cleaning from biogenic elements in urban wastewater treatment plants]. Moscow, St. Petersburg Polytechnic University Publ., 2010. pp. 109–112.

Received: 12 November 2018.

Information about the authors

Nazira T. Dzhumagulova, Cand. Sc., associate professor, Moscow State University of Civil Engineering; associate professor, Agrarian University named after K.A. Timiryazev.

Ivan E. Gavrilov, assistant, Agrarian University named after K.A. Timiryazev.

Nguyen Dinh Dap, postgraduate, Moscow State University of Civil Engineering.