

УДК 628.316:628.351

UDC 628.316:628.351

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ПРОБИОТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА
«ОКСИДОЛ» НА ПРОЦЕССЫ ОЧИСТКИ
СТОЧНЫХ ВОД**

**MANUFACTURING RESEARCH OF THE
INFLUENCE OF PROBIOTIC AGENT
"OXIDOL" ON PROCESSES OF
WASTEWATER TREATMENT**

*Н. Г. Насонкина, В. В. Маркин**N. G. Nasonkina, V. V. Markin*

Донбасская национальная академия строительства
и архитектуры, Макеевка, Украина

Donbas National Academy of Civil Engineering and
Architecture, Makeevka, Ukraine

nasonkina70@mail.ru

nasonkina70@mail.ru

v.markin1987@gmail.com

v.markin1987@gmail.com

В работе приведены результаты исследования влияния пробиотического препарата «Оксидол» на процессы очистки сточной воды в производственных условиях на канализационных очистных сооружениях г. Новоазовска. Пробиотик вводился в схеме очистки перед первичным отстойником. Установлена способность «Оксидола» интенсифицировать первичное отстаивание и биологическую очистку по основным показателям (БПК, ХПК, взвешенным веществам, азоту аммонийному) и снижать уровень запаха сточной воды. Определены закономерности уменьшения количества сырых осадков и избыточного активного ила, а также снижения илового индекса и улучшения седиментационных свойств активного ила. Установлено, что при введении пробиотика наблюдается повышение концентрации растворенного кислорода в иловой смеси аэротенков, что создает возможность уменьшения расхода воздуха на аэрацию.

The paper presents the results of the manufacturing research of the influence of probiotic agent «Oxidol» on wastewater treatment processes on wastewater treatment plant of city Novoazovsk. Probiotic was introduced in a treatment scheme before the primary settler. The ability of «Oxidol» to intensify primary sedimentation and biological treatment on the main parameters (BOD, COD, suspended substances, ammonia nitrogen) and to reduce the level of unpleasant smell of wastewater was established. The regularities of decreasing in the amount of raw precipitation and excess active sludge and the patterns of the improvement of the sludge index were determined. In addition, it was found, that an introduction of the probiotic increases the concentration of dissolved oxygen in the sludge mixture of aerotanks, which makes it possible to reduce the air consumption for aeration of the wastewater.

Ключевые слова: пробиотики, сточная вода, интенсификация, очистные сооружения, первичное отстаивание, биологическая очистка

Keywords: probiotics, wastewater, intensification, wastewater treatment plants, primary sedimentation, biological treatment.

Введение. Пробиотические препараты (пробиотики) весьма широко применяются в различных отраслях медицины, ветеринарии, пищевой промышленности, при производстве бытовых товаров, косметики и т. д. [1–4]. В последнее время начали выпускать пробиотики, предназначенные для использования в области водопроводно-канализационного хозяйства. Небольшой опыт применения пробиотических средств в сфере очистки сточных вод показал их перспективность

для достижения следующих целей: интенсификации процессов очистки, уменьшения уровня выделения токсичных газов из сточной жидкости и, соответственно, снижения уровня запаха, сокращения объема образующихся осадков, а также повышения содержания растворенного кислорода в иловой смеси аэротенков, что создает возможность уменьшения расхода воздуха на аэрацию [5–8].

Применение пробиотиков для интенсификации очистки сточной воды имеет преимущества перед другими технологиями. Существующие методы интенсификации очистки можно условно разделить на две большие группы: технологии, связанные с реконструкцией очистных сооружений и технологии, основанные на использовании различных реагентов (коагулянтов или флокулянтов) [9,10]. Реагентный способ более предпочтителен с точки зрения того, что не требуется значительной реконструкции очистных сооружений, необходимо только устройство системы приготовления и подачи реагента. Однако, использование реагентов приводит к образованию осадков и избыточного активного ила с повышенным содержанием загрязняющих элементов, которые затрудняют дальнейшую утилизацию осадков. Кроме того, применение реагентов носит односторонний характер. Они предназначены конкретно для какой-либо одной цели: например, для повышения эффекта механической очистки либо биологической.

Пробиотические препараты отличаются от реагентов тем, что содержат в себе культуры пробиотических бактерий, которые по определению должны быть непатогенными и нетоксичными [2,3], поэтому их применение безопасно, экологично и не приводит к загрязнению образующихся осадков. Комплексное воздействие пробиотиков и их экологичность обуславливают высокую перспективность их использования.

Особенно целесообразно применение пробиотических препаратов на очистных сооружениях курортных городов во время курортного сезона, когда значительно увеличивается количество поступающих сточных вод и необходимо повышение мощности очистных станций. Дорогостоящая реконструкция в этом случае необоснована, учитывая, что работа в режиме повышенной пропускной способности требуется не круглый год, а только на время курортного сезона.

Однако, широкому применению пробиотических препаратов препятствует недостаточная изученность направления, отсутствие научной и научно-практической базы.

В предыдущих работах автором в лабораторных условиях установлена перспективность использования пробиотического средства «Оксидол» (Agranco corp., США) [11] и определены оптимальные условия его введения [12,13]. Следующий этап исследований требовал проведения производственных испытаний.

Цель работы: исследование влияния пробиотического препарата «Оксидол» на процессы очистки сточных вод в производственных условиях на канализационных очистных сооружениях (КОС).

Основной материал. Для определения воздействия пробиотического средства «Оксидол» на процессы очистки сточных вод в промышленных условиях были осуществлены производственные исследования на КОС г. Новоазовска.

Очистная станция г. Новоазовска состоит из решеток, двух песколовков, а также четырех линий блоков емкостей. В состав каждой линии входят: аэробные стабилизаторы, первичные вертикальные отстойники, аэротенки двухкоридорные, вторичные вертикальные отстойники, контактные резервуары.

Количество сточной воды, поступающей на очистку во время проведения эксперимента, составляло в среднем около 1800 м³/сут. В работе находились две линии блоков емкостей (№3 и

№4). На каждую линию поступало около 900 м³/сутки. Среднечасовое поступление сточных вод на одну линию — 37,5 м³/час. Максимальный часовой расход определялся производительностью насосов насосной станции, подающей сточную воду на очистку, и был равен 110 м³/час (55 м³/час на одну линию).

Объем одного первичного отстойника — 104 м³. Время отстаивания при максимальном притоке равно, таким образом, $104/55=1,9$ часа. Размеры вторичных отстойников такие же, поэтому время отстаивания в них аналогичное. Объем одного аэротенка равен 302 м³. Время аэрации составляло $302/37,5=8,05$ часа.

В холодный период года очистные сооружения принимают сточные воды только от г. Новоазовска. Приток сточной жидкости в это время составляет, как правило, 700–1000 м³/сут. В теплое время года на очистную станцию дополнительно подается сточная вода от курортного поселка Седово. Суточное количество стоков при этом увеличивается до 1800–1900 м³/сут. Кроме того, увеличиваются концентрации загрязнений, особенно азота аммонийного (до 60 мг/дм³), усиливаются зловонные запахи от очистных сооружений.

Резкие сезонные увеличения количества сточной воды и ухудшение ее качества, связанные с работой баз отдыха и наплывом отдыхающих в п. Седово, приводят к сбоям в работе очистной станции. Время обработки сточной воды в очистных сооружениях оказывается недостаточным для ее очистки до требуемых показателей. В этом контексте использование пробиотического средства в летнее время года может помочь интенсифицировать очистку воды и снизить уровни образования неприятных запахов и зловонных газов на очистных сооружениях.

Показатели очистки сточной воды до начала введения пробиотического средства приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели работы КОС г. Новоазовска до введения «Оксидола»

Показатели			После решеток	После первичных отстойников	После вторичных отстойников
БПК ₅	Линия №3 (пробиотик)	мгО ₂ /дм ³	294	231	39
		% снижения	–	21,4	83,1
	Линия №4 (контроль)	мгО ₂ /дм ³	294	234	41
		% снижения	–	20,4	82,5
	Разница между линиями, мгО ₂ /дм ³		–	3	2
	Разница между линиями, %		–	1,0	0,6
Взвешенные вещества	Линия №3 (пробиотик)	мг/дм ³	290	175	39
		% снижения	–	39,7	77,7
	Линия №4 (контроль)	мг/дм ³	290	170	37
		% снижения	–	41,4	78,2

Показатели		После решеток	После первичных отстойников	После вторичных отстойников	
	Разница между линиями, мг/дм ³	–	5	2	
	Разница между линиями, %	–	1,7	0,5	
N–NH ₄	Линия №3 (пробиотик)	мг/дм ³	55	50	17
		% снижения	–	9,1	66,0
	Линия №4 (контроль)	мг/дм ³	55	51	18
		% снижения	–	7,3	64,7
	Разница между линиями, мг/дм ³		–	1	1
	Разница между линиями, %		–	1,8	1,3
ХПК	Линия №3 (пробиотик)	мгО ₂ /дм ³	500	–	120
		% снижения	–	–	76,0
	Линия №4 (контроль)	мгО ₂ /дм ³	500	–	110
		% снижения	–	–	78,0
	Разница между линиями, мгО ₂ /дм ³		–	–	10
	Разница между линиями, %		–	–	2,0
NO ₂ , мг/дм ³	Линия №3 (пробиотик)	–	–	0,6	
	Линия №4 (контроль)	–	–	0,9	
NO ₃ , мг/дм ³	Линия №3 (пробиотик)	–	–	111	
	Линия №4 (контроль)	–	–	104	
PO ₄ , мг/дм ³	Линия №3 (пробиотик)	15	–	10	
	Линия №4 (контроль)	15	–	11	

Анализ работы очистных сооружений до введения пробиотического средства указывает на недостаточную степень очистки сточной воды по основным показателям. Эффективность очистки по обеим линиям примерно одинакова. Уровень запаха сточной воды, поступающей на очистку и находящейся в первичных отстойниках, традиционно высокий.

Введение пробиотика было принято осуществлять перед первичным отстойником в одну линию (№3). Точкой ввода являлся дюкер в распределителе первичных отстойников. Сточная вода, поступающая на линию №4, пробиотиком не обрабатывалась и выступала в роли контрольного варианта. Установка приготовления и дозирования раствора пробиотика была установлена непосредственно на распределителе и состояла из двух полиэтиленовых емкостей (W=100 дм³). Раствор пробиотика поступал в дюкер в самотечном режиме. Дозировку осуществляли, контролируя истечение из бака.

Испытания проводились в течение двух месяцев: с 6 июля по 28 августа 2015 года. Используя математические зависимости, полученные в предыдущих исследованиях [13], была рассчитана начальная доза введения пробиотического препарата, которая составила 0,31 г/м³. Снижение дозировки осуществляли через каждые двое суток на 20% от предыдущей дозы до минимального предельного значения — 0,04 г/м³. Последовательность снижения дозы выглядела следующим образом: 0,31–0,25–0,2–0,16–0,13–0,11–0,09–0,07–0,06–0,05–0,04 г/м³. Минимальная дозировка (0,04 г/м³) была достигнута через 20 суток после начала эксперимента. Оставшееся время количество подаваемого пробиотика поддерживалось на минимальном уровне. Суммарный расход пробиотического средства за 56 суток составил 3,87 кг.

Температура сточной воды за время проведения эксперимента составляла 20–24°C.

Качество очистки и параметры работы аэротенков контролировались химлабораторией, расположенной на территории КОС. Такие показатели, как взвешенные вещества, азот аммонийный, нитриты, нитраты, рН, доза ила, растворенный кислород, определялись ежедневно; БПК₅ — три раза в неделю, ХПК — один раз в неделю.

Усредненные показатели очистки за все время введения «Оксидола» представлены в таблице 2.

Таблица 2

Усредненные показатели работы КОС г. Новоазовска за время введения пробиотика

Показатели		После решеток	После первичных отстойников	После вторичных отстойников	
БПК ₅	Линия №3 (с пробиотиком)	мг/дм ³	289	194	13
		% снижения	-	33,0	93,5
	Линия №4 (контроль)	мг/дм ³	289	232	41
		% снижения	-	19,8	82,3
	Разница между линиями, мгО ₂ /дм ³		-	38	28
	Разница между линиями, %		-	13,1	11,2
Взвешенные вещества	Линия №3 (с пробиотиком)	мг/дм ³	284	140	14
		% снижения	-	50,7	90,4
	Линия №4 (контроль)	мг/дм ³	284	180	43
		% снижения	-	36,6	76,3
	Разница между линиями, мг/дм ³		-	40	29
	Разница между линиями, %		-	14,0	14,1
N-NH ₄	Линия №3 (с пробиотиком)	мг/дм ³	51	45	1,8
		% снижения	-	10,5	96,1
	Линия №4 (контроль)	мг/дм ³	51	47	18
		% снижения	-	8,1	62,2

Показатели		После решеток	После первичных отстойников	После вторичных отстойников	
	Разница между линиями, мг/дм ³	-	1,3	16	
	Разница между линиями, %	-	2,4	33,9	
ХПК	Линия №3 (с пробиотиком)	514	-	48	
		мг/дм ³	-	91	
	% снижения	-	-	91	
Показатели	После решеток	После первичных отстойников	После вторичных отстойников	Показатели	После решеток
	Линия №4 (контроль)	514	-	114	
		мг/дм ³	-	78	
	% снижения	-	-	78	
	Разница между линиями, мгО ₂ /дм ³	-	-	67	
	Разница между линиями, %	-	-	13	
NO ₂ , мг/дм ³	Линия №3 (с пробиотиком)	-	-	0	
	Линия №4 (контроль)	-	-	0,6	
NO ₃ , мг/дм ³	Линия №3 (с пробиотиком)	-	-	155	
	Линия №4 (контроль)	-	-	91	
PO ₄ , мг/дм ³	Линия №3 (с пробиотиком)	14,5	-	9	
	Линия №4 (контроль)	14,5	-	11	

Результаты, приведенные в таблице 2, показывают, что введение пробиотического препарата существенно увеличило эффективность первичного отстаивания и биологической очистки. Эффект первичного отстаивания на линии с пробиотиком составил:

- по взвешенным веществам – 50,7% (увеличился на 14% по сравнению с контролем, разница в концентрациях 40 мг/дм³);

- по БПК₅ — 33,0% (увеличился на 13,1% по сравнению с контролем, разница в концентрациях 38 мгО₂/дм³);

Эффективность биологической очистки на линии №3 (с пробиотиком) составила:

- по взвешенным веществам — 90,4% (увеличение на 14,1% по сравнению с контролем, разница в концентрациях 29 мг/дм³); конечные концентрации: на линии №3 — 14 мг/дм³, на линии №4 — 43 мг/дм³;

- по БПК₅ — 93,5% (увеличение на 11,2% по сравнению с контролем, разница в концентрациях 28 мгО₂/дм³); конечные концентрации: на линии №3 — 13 мгО₂/дм³, на линии №4 — 41 мгО₂/дм³;

- по ХПК — 91% (увеличение на 13,0% по сравнению с контролем, разница в концентрациях 67 мгО₂/дм³); конечные концентрации: на линии №3 — 48 мгО₂/дм³, на линии №4 — 114 мгО₂/дм³;

– по азоту аммонийному — 96,1% (увеличение на 33,9% по сравнению с контролем, разница в концентрациях 16 мг/дм³); конечные концентрации: на линии №3 — 1,8 мг/дм³, на линии №4 — 18 мг/дм³.

Влияние на эффективность снижения фосфатов введение пробиотика не оказало.

Уровень запаха в первичных отстойниках до подачи пробиотика находился на уровне 5 баллов, во вторичных — 1–2 балла. Через двое суток с начала подачи «Оксидола» запах в первичном отстойнике №3 снизился до 2 баллов и в течение всего эксперимента составлял 2–3 балла. После вторичного отстойника №3 запах в сточной воде не ощущался вовсе (0 баллов). В контрольной линии запахи оставались на прежних высоких уровнях.

Водородный показатель исходной сточной воды в период проведения эксперимента составлял от 7,98 до 8,21. На выходе из линии №3 (после вторичного отстойника) рН находился в пределах 7,29–7,43, из линии №4 — 7,60–7,78. Более низкие значения водородного показателя на выходе из вторичного отстойника №3 связаны с протеканием более глубокого процесса нитрификации на линии с пробиотиком и образованием большого количества нитратов. При этих процессах происходит выделение водородных ионов и подкисление среды. Количество нитратов после биологической очистки на линии №3 составляло 148–162 мг/дм³, на линии №4 — 85–102 мг/дм³.

Концентрации растворенного кислорода в аэротенках обеих линий в начале эксперимента составляли 3,5–4,0 мгО₂/дм³. Расход воздуха в системах аэрации был равен около 850 м³/ч в один аэротенк (удельный расход воздуха — 23 м³/м³).

С начала введения «Оксидола» в иловой смеси аэротенка №3 концентрация кислорода постепенно начала увеличиваться и в конце второй недели введения достигла 5,6 мгО₂/дм³. На контрольной линии растворенный кислород остался на прежнем уровне. Учитывая, что количество воздуха, подаваемого в аэротенк третьей линии, с начала эксперимента не увеличивали и интенсивность аэрации в работающих биореакторах визуально была на одном уровне, то можно сделать вывод, что увеличение растворенного кислорода в иловой смеси аэротенка №3 связано с воздействием пробиотика.

После значительного увеличения растворенного кислорода в иловой смеси аэротенка №3 было принято решение о снижении количества подаваемого воздуха в этот аэротенк. Вначале подача воздуха в аэротенк №3 была снижена до 700 м³/ч (удельный расход воздуха уменьшился с 23 до 19 м³/м³). Концентрация растворенного кислорода в аэротенке №3 снизилась с 5,6 до 4,5 мгО₂/дм³, то есть все еще была выше, чем на контрольной линии. Поэтому подачу воздуха в аэротенк №3 снизили еще – до 550 м³/ч (интенсивность аэрации уменьшилась до 15 м³/м³), после чего содержание кислорода уменьшилось до уровня контрольной линии №4 и составило 3,7 мгО₂/дм³. Количество воздуха, подаваемого в аэротенк №4, сохранялось на прежнем уровне — 850 м³/ч. Далее до конца проведения эксперимента концентрации О₂ в иловых смесях аэротенков №3 и №4 находились на одном уровне и составляли 3,5–4,2 мгО₂/дм³. Графики содержания

растворенного кислорода в иловой смеси аэротенков за первые 28 суток подачи раствора «Оксидола» представлены на рис. 1.

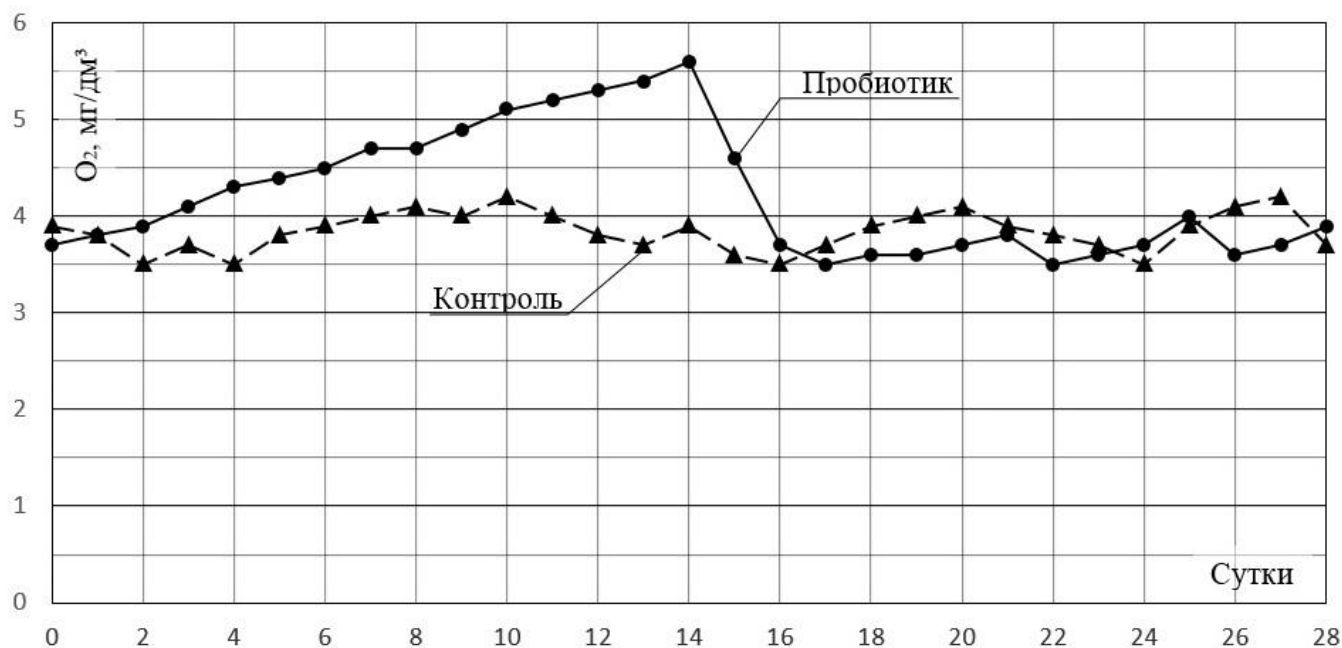


Рис. 1. Концентрации растворенного кислорода в иловой смеси аэротенков

Таким образом, введение «Оксидола» увеличило концентрацию растворенного кислорода в иловой смеси аэротенка и позволило сократить расход воздуха на аэрацию на 35%.

Объем сырого осадка, удаляемого из первичного отстойника №4, составлял в среднем 2,35 м³/сут, влажность — 96%. Количество осадка первичного отстойника №3 — 1,85 м³/сут, влажность — 93%.

Учитывая, что уменьшение взвеси при отстаивании в отстойнике №4 составляло в среднем 104 мг/дм³, а в отстойнике №3 за счет работы пробиотика и интенсификации процесса отстаивания — 144 мг/дм³, количество образующегося сырого осадка при одинаковой влажности в отстойнике №3 должно было быть больше, чем в отстойнике №4. Однако, благодаря снижению влажности сырого осадка отстойника №3 его объем получался в среднем на 21% меньше, чем на контрольной линии.

Наблюдения за приростом активного ила в аэротенках показали, что в аэротенке №3 скорость прироста биомассы более низкая, чем в аэротенке №4. Графики изменения концентрации активного ила в аэротенках с 1-х по 28-е сутки эксперимента представлены на рис. 2. В последующем темпы прироста биомассы были аналогичные.

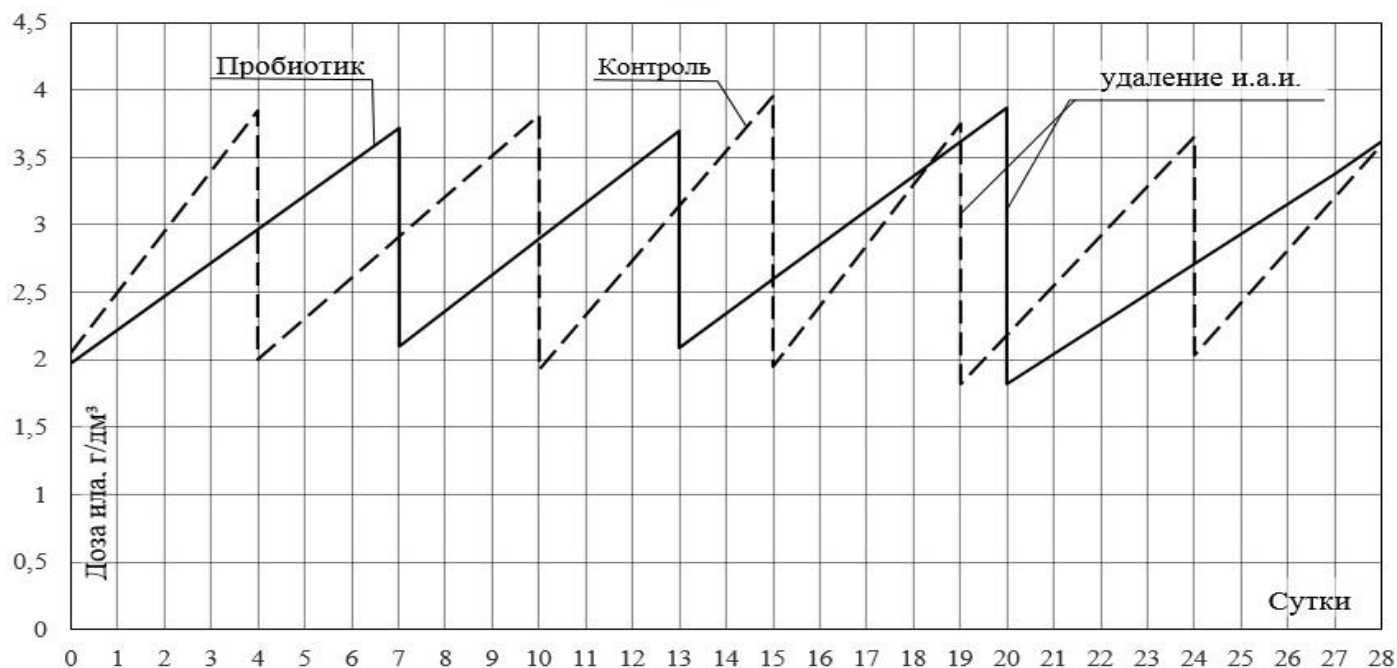


Рис. 2. График изменения концентрации активного ила в аэротенках с 1 по 28 сутки эксперимента

В среднем прирост активного ила P_i в аэротенке №3 составил 124 мг/дм^3 , в аэротенке №4 — 182 мг/дм^3 . Соответственно, прирост ила был сокращен на 32%.

Частично фактическое уменьшение прироста биомассы связано с более низкими значениями БПК (L_{en}) и взвешенных веществ (C_{cdp}) в сточной воде, поступающей в аэротенк №3 в результате интенсификации процесса первичного отстаивания, а частично с прямым воздействием пробиотического препарата на микробиологический процесс.

Обработка статистических данных изменения концентрации ила в аэротенке позволила получить уравнения прироста активного ила на линии с пробиотиком:

$$P_i = 0,62C_{cdp} + 0,20L_{en} - C_{взв.в-ва}, \text{ мг/дм}^3, (1)$$

и на контрольной линии:

$$P_i = 0,75C_{cdp} + 0,29L_{en} - C_{взв.в-ва}, \text{ мг/дм}^3, (2)$$

где $C_{взв.в-ва}$ — концентрации взвесей в сточной воды на выходе из вторичного отстойника, мг/дм^3 .

Пробиотический препарат оказал также влияние на влажность избыточного ила: она была уменьшена на 0,5% и была равна в среднем 98,5%. В контрольном варианте влажность активного ила составляла 99,0%.

В результате уменьшения прироста ила по сухому веществу P_i и снижения его влажности сокращение объема образующегося избыточного ила составило 55%.

Иловый индекс активного ила в аэротенке №4 за время проведения эксперимента был стабилен и находился в пределах 105–122 мл/г .

В аэротенке №3 индекс активного ила вначале эксперимента составлял 115–120 мл/г , а с началом введения препарата начал постепенно снижаться и на 17-е сутки введения достиг значения 74 мл/г . Далее до конца испытания он был стабильно снижен и колебался в пределах 65–73 мл/г (рис. 3).

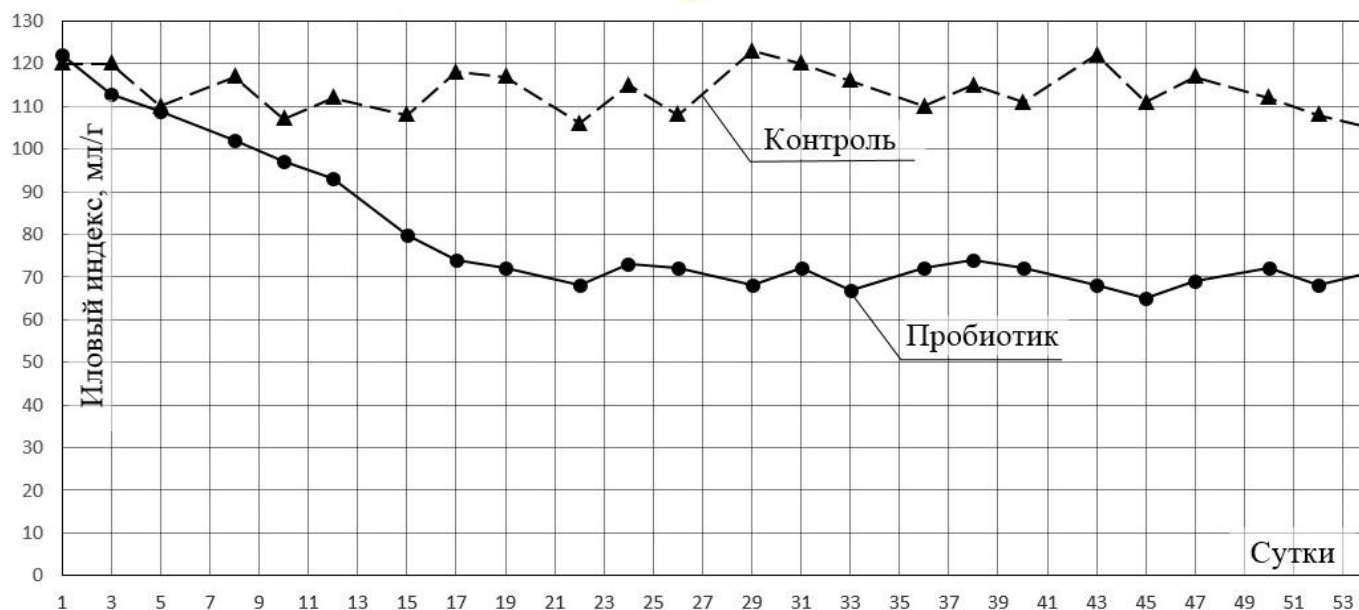


Рис. 3. График изменения величины индекса активных илов за время проведения эксперимента

Гидробиологический контроль активного ила за время исследований показал, что в активном иле аэротенка №3 насчитывалось около 12–15 видов микроорганизмов. В основном присутствовали инфузории: *aspidiska costata*, *aspidiska turrika*, *vaginicola striata*, *litonotus lamille*, *vorticella convalaria*, *opercularia*, *epistulis*, *paramecium*, *euplotes*; коловратки: *cathupna luna*, *notommata ansata*; черви: *allosoma*, *nematode*; раковинные амёбы: *arcella*, *euqlypha*, *centropyxis*.

Хлопки активного ила линии №3 светлокорицевого цвета, крупные, быстро оседающие. Надиловая жидкость прозрачная и практически не содержит разрозненных мелких хлопьев.

В активном иле аэротенка №4 стабильно насчитывалось около 6–10 видов микроорганизмов. В состав входили инфузории: *aspidiska costata*, *vaginicola striata*, *litonotus lamille*, *opercularia*, *epistulis*; коловратки: *cathupna luna*; черви: *allosoma*, *nematode*; раковинные амёбы: *euqlypha*. Наличие (численность) фиксируемых микроорганизмов и их подвижность (активность) ниже, чем в аэротенке №3. Хлопки ила светлокорицевые, средней крупности, оседают хорошо, но в надиловой жидкости остаются медленно оседающие мелкие разрозненные хлопья.

Таким образом, введение «Оксидола» оказало благоприятное воздействие на микробиоценоз активного ила и создало более оптимальные условия для жизнедеятельности его микроорганизмов.

Стоимость обработки 1 м³ сточной жидкости в начале эксперимента при дозе «Оксидола» 0,31 г/м³ была равна 2,5 руб./м³, после выхода на рабочий режим (доза пробиотика — 0,04 г/м³) стоимость обработки 1 м³ сточной воды составляла 0,9 руб/м³.

Заключение. В ходе производственных исследований определена способность пробиотического препарата «Оксидол» интенсифицировать процессы первичного отстаивания и биологической очистки сточных вод, снижать неприятные запахи, установлены закономерности снижения объемов образующихся осадков, возможность уменьшения расхода воздуха на аэрацию сточных вод, влияние пробиотика на микробиоценоз активного ила.

На основании выявленных закономерностей возможна разработка методики инженерных расчетов по применению пробиотика «Оксидол» на очистных станциях.

Библиографический список

1. Блинов, В. А. Пробиотики в пищевой промышленности и сельском хозяйстве / В. А. Блинов, С. Н. Буршина, С. В. Ковалёва. — Саратов : ИЦ "Наука". — 2011. — 171 с.
2. Гришель, А. И. Пробиотики и их роль в современной медицине / А. И. Гришель, Е. П. Кишкурно. — Вестник фармации. — 2009. — № 1 (43). — С. 90 – 93.
3. Хавкин, А. И. Пробиотические продукты питания и естественная защитная система организма / А. И. Хавкин // Русский медицинский журнал. — 2009. — Т. 17. — №. 4. — С. 241–245.
4. Янковский, Д. С. Пробиотики – лекарства XXI столетия / Д. С. Янковский, Г. С. Дымент. — Здоров'я України. — 2006. — № 7 (140). — С. 1–11.
5. Miron, A. R. Use of micropan complex and eparcyl pro bioactivators for pharmaceutical wastewaters treatment [Electronic resource] / Miron A. R. et al. — U.P.B. Sci. Bull. — 2015. — Series B, Vol. 77, Iss. 3. — P. 175 — 184. Accessed at: http://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/rezca8_809693.pdf (date of access: 19.03.17).
6. Ильин, С. Н. Наша миссия — сделать жизнь горожан качественной, а услуги доступными [Электронный ресурс] / С. Н. Ильин. - Вода Magazine. — 2012. — №2 (54). — Режим доступа : <http://www.watermagazine.ru/journal/izdanie/4247-2011-11-30-13-33-17> (дата обращения : 19.03.17).
7. Case Study Summary — Improving the efficiency of urban wastewater treatment facility using SCD Bio Klean™ in Łowicz, Poland [Electronic resource] / Site of company SCD probiotics. — Accessed at: <http://www.scdprobiotics.com/v/vspfiles/assets/pdf/wastewater-lowicz-poland.pdf> (date of access: 19.03.17).
8. Case Study Summary — SCD Probiotics® Technology used to save energy in the aeration process of the wastewater treatment facility in Mohali, India [Electronic resource] / Site of company SCD probiotics. — Accessed at: <https://www.scdprobiotics.com/v/vspfiles/assets/pdf/wastewater-mohali-india.pdf> (date of access: 19.03.17).
9. Воронов, Ю. В. Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений / Ю. В. Воронов и др. — Москва : Стройиздат. — 1990. — Т. 2 — 224 с.
10. Синев, О. П. Расширение и реконструкция очистных сооружений / О. П. Синев О.П., А. И. Манцев, А. П. Игнатенко. — Киев: Будівельник. — 1981. — 44 с.
11. Оксидол — это продукт для повышения эффективности работы очистных сооружений канализации и снижения энергозатрат [Электронный ресурс] / Сайт компании Agranco. — Режим доступа : http://www.agranco.com/r_information_for_water_utilities.html (дата обращения: 19.03.17).
12. Маркин, В. В. Исследование способности различных пробиотических средств интенсифицировать процессы очистки сточной воды / В. В. Маркин // Вестник ЛГУ им. В.Даля. — 2016. — №. 2 — С. 183–185.
13. Маркин, В. В. Математические модели интенсификации процессов механической и биологической очистки сточных вод с помощью пробиотического средства «Оксидол» / В. В. Маркин // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. — 2016. — №. 5 (121). — С. 88–94.