

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОЗАВОДОВ

Степан Эпоян, Станислав Фомин

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры  
Адрес: Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 40  
E-mail: fomin.stanislav1986@gmail.com

Ирина Фомина

Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем  
Адрес: Украина, г. Харьков, ул. Бакулина, 6  
E-mail: fomin\_niiep@mail.ru

**Аннотация.** В статье проанализирована проблема очистки сточных вод молокозаводов. Рассмотрены основные методы очистки сточных вод отрасли и определена их эффективность. Описаны лабораторные установки моделирующие систему аэротенк-отстойник со свободноплавающим активным илом и иммобилизованным на материале-носителе. Определена эффективность очистки модельных растворов с составом близким к составу реальных сточных вод молокозавода на лабораторных установках.

**Ключевые слова:** сточные воды, молокозаводы, очистка, активный ил, материал-носитель, химическое потребление кислорода.

### ВВЕДЕНИЕ

Сегодня Украина занимает одно из передовых мест в мире по уровню развития такой отрасли перерабатывающей промышленности как пищевая. Отдельного внимания заслуживает молокоперерабатывающая промышленность, как одна из наиболее крупных по объемам производства. При этом молокозаводы являются одними из крупнейших потребителей пресной воды, а сточные воды ее предприятий относятся к категории наиболее загрязненных и сложных в обработке [2, 13, 16, 22, 26].

На молокоперерабатывающих предприятиях, как правило, образуются три вида сточных вод: производственные, хозяйственно-бытовые и сточные воды из систем охлаждения и конденсации (теплообменные) [9]. Производственные сточные воды являются наиболее загрязненными. Они образуются в результате различных технологических операций, а также при мойке емкостей и уборке производственных помещений [7, 14, 20]. Объем сточных вод, образующихся на предприятии, составляет около 85% от общего расхода пресной воды. Удельный расход сточных вод колеблется от 1,6 до 4,9 м<sup>3</sup> на 1 т продукции, а коэффициенты неравномерности сброса сточных вод в зависимости от мощности предприятия колеблются в пределах 1,4-2,0 [25].

Сточные воды молокоперерабатывающих предприятий содержат большое количество белковых веществ и жиров, что обуславливает высокие значения биохимического и химического потребления кислорода (БПК, ХПК). Образующиеся на предприятиях молочной промышленности производственные сточные воды, содержат продукты переработки молока и выпускаемой продукции (масло, сметана, сыр), и вещества,

поступающие в сточные воды от эксплуатации оборудования применяющегося на производстве [11].

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

При эксплуатации молочных заводов, расположенных в крупных городах, загрязненные сточные воды отводят в систему городской канализации или на собственные очистные сооружения для предварительной обработки [12, 10].

При проектировании молокозаводов в 70-80-е годы прошлого столетия считалось, что сточные воды данного производства не несут какой-либо опасности для городских очистных сооружений. Часть сыворотки извлекалась в процессе производства и вывозилась на ближайшие фермы в качестве корма скоту. Также, считалось, что сточные воды не токсичны для микроорганизмов активного ила и преимущественно загрязнены легкоокисляющимися веществами, которые при разбавлении с хозяйственно-бытовыми сточными водами полностью могут быть обработаны на городских очистных сооружениях. В результате практически все молокозаводы, расположенные в черте городов и имеющие доступ к городской канализации, не имели в своем составе локальных очистных сооружений.

Большинство запроектованных и построенных предприятий молокоперерабатывающей промышленности еще в XX столетии сохранились и работают ныне. Так, сегодня, на многих крупных молокозаводах, расположенных в больших городах и районных центрах Украины, не только отсутствуют какие-либо локальные очистные сооружения, но, и не предусмотрена территория для их размещения [27].

Те немногие молокоперерабатывающие предприятия, имеющие очистные сооружения, которые также проектировались 30 - 40 лет тому назад не рассчитывались на удаление соединений азота и фосфора до требований действующих сегодня нормативов, так как по действующим на то время законодательным документам необходимо было обеспечить полную биологическую очистку сточных вод [18].

В настоящее время, сыворотка, образующаяся на молокоперерабатывающих предприятиях, как сырье для добавки в корм скоту не используется. Суточные объемы сыворотки на крупных молокозаводах могут достигать до 150-200 м<sup>3</sup>/сут. Такие количества высококонцентрированного, быстро закисающего сырья, как правило, сегодня, сбрасывают в систему водоотведения города. Пришедшие на смену натуральному молоку сырьевые полуфабрикаты, слив молочной сыворотки в систему водоотведения, качество исходной пресной воды – все это отразилось на составе сточных вод. Поступающие высококонцентрированные сточные воды молокозаводов без достаточного разбавления хозяйственно-бытовыми городскими сточными водами, сегодня, оказывают негативное влияние на городские очистные сооружения. Повышенные концентрации соединений азота, фосфора, поверхностно активных и органических веществ в сточных водах молокозаводов приводят к нарушению работы в первую очередь сооружений биологической очистки. При поступлении указанных веществ в сооружения биологической очистки нарушаются седиментационные свойства активного ила, что приводит к ухудшению осаждаемости, и в последствии, выносу его из очистных сооружений [5, 6, 15, 17, 3].

Молочные предприятия, расположенные в малых населенных пунктах, и не имеющие возможности сброса сточных вод систему горканализации, в основном, сбрасывают свои сточные воды в ближайший водный объект и зачастую без какой-либо предварительной очистки, чем наносят необратимый вред водным экосистемам. Легкоокисляемые органические вещества, поступающие в водные объекты со сточными водами, на свое окисление расходуют большое количество кислорода, образуя, в месте сброса, условия близкие к анаэробным, что может быть смертельным для водных обитателей [1]. Вместе с активным илом из очистных сооружений выносятся патогенные микроорганизмы, что приводит к болезни и гибели рыбы, а также заражению водных источников [21]. Взвешенные вещества, присутствующие в сточных водах, оседают на дне водных объектов, что со временем вызывает процессы гниения и брожения в местах его накопления, что приводит к ухудшению органолептических характеристик водного объекта

и к его заиливанию в месте сброса сточных вод. Поступление соединений азота и фосфора способствует процессам эвтрофикации водных объектов, что особенно важно, если водный объект используется в качестве источника питьевого водоснабжения [4]. Так, отмершие водоросли и продукты метаболизма живых, значительно ухудшают органолептические свойства воды (появляется запах, ухудшается вкус, прозрачность, увеличивается концентрация взвешенных веществ) все это приводит к увеличению затрат обработки воды на станциях водоподготовки, которые расположены ниже по течению [19].

#### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Украина, сегодня существенно отстает от опыта Европы и России в вопросе извлечения и переработки сыворотки. Единственный завод на территории Украины по переработке сыворотки в лактозу построен и работает в пос. Воскресенское (Николаевская область). Однако, он принимает сыворотку от нескольких молокозаводов, расположенных неподалеку. Остальное в качестве отходов сливается в систему водоотведения города, нанося вред природной среде. И, к сожалению, положительной тенденции в развитии технологий по глубокой переработке сыворотки в нашей стране пока не наблюдается, что говорит о продолжении ее утилизации через систему канализации. Таким образом, единственным методом улучшения экологического состояния водных объектов на территории Украины остается эффективная очистка данного типа сточных вод на очистных сооружениях.

Так, на сегодня, вопрос обработки сточных вод предприятий пищевой промышленности Украины, содержащих в своем составе высокие концентрации жироподобных, органических, взвешенных веществ, соединений азота и фосфора является весьма актуальным. Недостаточно очищенные сточные воды несут высокую и порой необратимую угрозу водным объектам и их обитателям. Разработка новых, доступных, эффективных технологий, либо интенсификация существующих очистных сооружений острая и необходимая задача, решение которой позволит улучшить как состояние водных объектов, так и общее экологическое состояние природы на территории Украины.

Сточные воды предприятий молокоперерабатывающей промышленности, в зависимости от условий их дальнейшего сброса, подвергаются различным методам очистки: механическим, физико-химическим, биологическим и др.

Сточные воды молокоперерабатывающих предприятий характеризуются весьма благоприятным для нормального течения процесса биологической очистки соотношением БПК и ХПК,

а также БПК к азоту и фосфору [24]. Поэтому сточные воды молокозавода в подавляющем большинстве подвергаются биологической очистке всеми известными методами и практически во всех типах сооружений.

Методом интенсификации сооружений биологической очистки является повышения дозы ила в сооружениях за счет иммобилизации микрофлоры на материал носитель. Такое закрепление микроорганизмов позволяет устранить перегрузку вторичных отстойников, поскольку увеличивается концентрация ила в сооружении без существенного повышения концентрации иловой смеси, поступающей во вторичные отстойники. В качестве носителей микрофлоры используются как плавающие, так и фиксировано установленные насадки из разных материалов разной формы, что позволяет повысить дозу ила до 8-10 г/дм<sup>3</sup> без ухудшения работы вторичных отстойников.

Применение биологических очистных сооружений с фиксированной микрофлорой наиболее целесообразно для проведения биологической очистки в режиме глубокого удаления биогенных элементов и повышенных концентраций органических веществ в поступающих сточных водах.

#### ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Анализ литературы показал, что перспективным и малозатратным методом повышения эффективности работы сооружений биологической очистки, является применение высоких концентраций биомассы иммобилизованной (прикрепленной) на материале-носителе. Изучено, что использование иммобилизации сокращает период биохимического разложения органических веществ, а также обеспечивается более глубокое удаление соединений азота и фосфора.

Одним из основных преимуществ использования иммобилизации микроорганизмов активного ила в сооружениях биологической очистки является возможность широкого варьирования концентрации биомассы, что особенно важно при очистке от специфических органических и неорганических веществ [8].

Материалы-носители должны соответствовать определенным требованиям, основными из которых являются устойчивость к биохимическому разложению, механическая прочность, низкая стоимость, малый вес. Одним из требований к материалу, используемого для прикрепления микроорганизмов, является его свойство иметь большую удельную поверхность при небольшом собственном объеме. Применение материалов с малой удельной поверхностью приводит к тому, что большой объем сооружения используется не рационально [28].

Принцип очистки сточных вод заключается в фильтровании их через загрузочный материал, покрытый биологической пленкой, образованной

колониями микроорганизмов. Проходя через биопленку загрязненная сточная вода оставляет в ней нерастворенные примеси, не осевшие в сооружениях, а также коллоидные и органические вещества, сорбируемые биопленкой.

За последнее время в мировой и отечественной практике применялись различные материалы-носители: разнообразные пластмассовые, керамические, пенопластовые, металлические и прочие загрузки [23]. Однако, от большинства материалов со временем начали отказываться т.к. в процессе эксплуатации они не всегда удовлетворяли предъявляемым требованиям.

В лабораторных условиях, были изучены физические свойства эластичного пенополиуретана (Рисунок 1) и определена эффективность интенсификации биологической очистки при использовании его как материала-носителя.

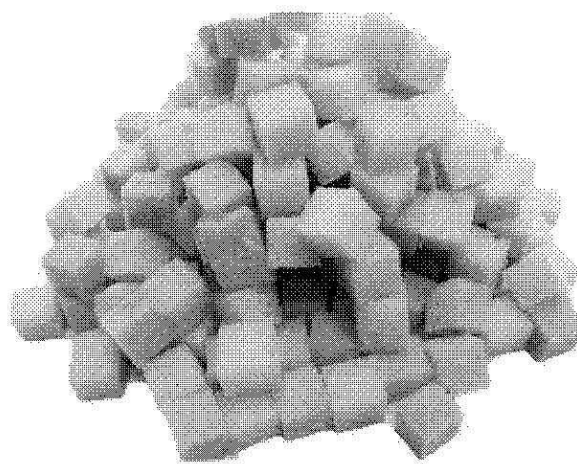


Рис. 1. Эластичный пенополиуретан  
Fig. 1. Flexible polyurethane foam

Было установлено, что данный материал имеет ряд преимуществ перед другими материалами применяющихся в настоящее время по таким показателям, как пористость, устойчивость к многократным механическим нагрузкам, гидрофобность, повышенные адсорбционные свойства. Исследования проводили на эластичном пенополиуретане, изготовленного на основе простых полиэфиры окиси пропилена с пористостью 97% и размером пор 0,4-1,8 мм. Такой пенополиуретан не подвержен биохимическому разложению и устойчив к агрессивному воздействию сточных вод. Одна и та же загрузка использовалась в лабораторных установках более 2-х лет.

Испытания выполняли на двух параллельно работающих лабораторных установках имитирующих систему аэротенк-отстойник (рисунок 2), которые работали при одинаковых условиях, с расходом и концентрациями сточных вод и при одинаковых расходах воздуха.



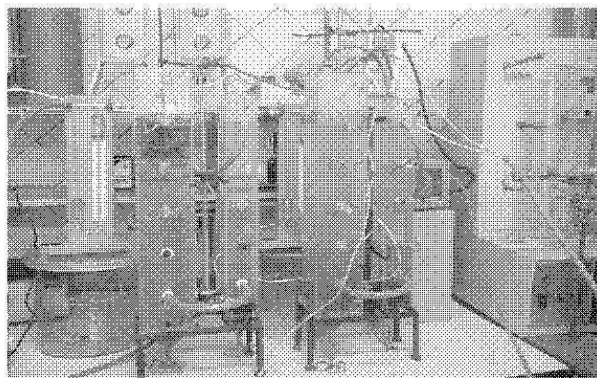


Рис. 2. Лабораторные установки  
Fig. 2. Laboratory systems

В первой установке (№1) были воссозданы условия работы классических очистных сооружений со свободноплавающей микрофлорой, во-второй (№2) была отведена зона в верхней части сооружения под закрепленный материал-носитель (рисунок 3).

Аэротенки обеих установок имеют вертикальное расположение, вместимость каждого

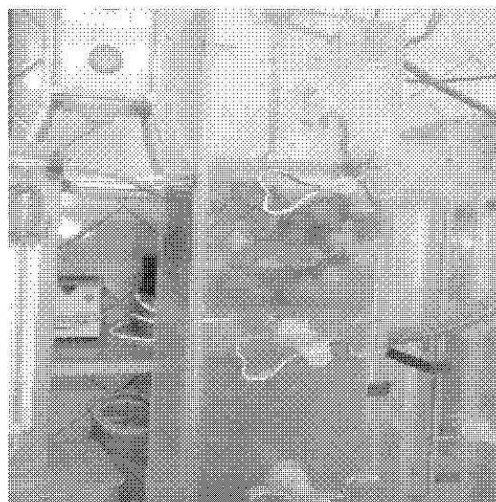


Рис.3. Материал-носитель  
Fig. 3. Carrier-material

4,5 дм<sup>3</sup>. Аэротенки, соединены со вторичными отстойниками, объемом 1,5 дм<sup>3</sup> каждый, по системе сообщающихся сосудов. Перекачивание осевшего на дне активного ила в аэротенки осуществляли при помощи системы эрлифта. Объем материала

носителя во второй установке занимал 5-ю часть сооружения.

Автоматизация процесса подачи воздуха в сооружения была обеспечена следующим образом: компрессор нагнетал сжатый воздух в ресивер, отключение и включение электродвигателя компрессора контролировали электроконтактным манометром вмонтированным в систему, который обеспечивает рабочее давление от 1 до 2 атм. Далее сжатый воздух поступает в аэрационную систему аэротенков и эрлифтов через измерительные устройства.

Непрерывность подачи модельных растворов либо реальных сточных вод в установки была обеспечена следующим образом: из буферной емкости объемом 200 л насосами-дозаторами сточные воды подавали в аэротенки с закрепленным на материале-носителе пенополиуретане. В буферной емкости были установлены погружные механические мешалки, предотвращающие оседание взвешенных веществ на дне с последующим их загниванием. За время экспериментов обе установки работали круглосуточно и непрерывно.

Оба аэротенка были заполнены активным илом отобранным из действующих аэротенков городских очистных сооружений канализации города Харькова и доставленного в лабораторию в течении 30 минут.

Концентрация активного ила на момент внесения в установки составляла 3,2 г/дм<sup>3</sup>, иловый индекс составлял 100, такой ил считается нормальным с хорошими седиментационными свойствами. После заполнения сооружения иловой смесью в аэротенки включили подачу воздуха через керамические аэраторы, расположенные на дне сооружения. Одновременно с этим в установки перистальтическими насосами-дозаторами подавали модельный раствор из буферной емкости (объем-200 л), приготовленный на основе молочной сыворотки, с концентрациями представленными в таблице 1.

Лабораторные насосы дозаторы позволяют регулировать расход сточных вод в диапазоне от 1,5 до 0,3 дм<sup>3</sup>/час, что составляет время пребывания сточных вод в сооружении соответственно от 3 до 15 часов. С целью более лояльного воздействия сточных вод на биоценоз активного ила в сооружения подавали модельные растворы с расходом не выше 0,5 дм<sup>3</sup>/час.

Табл.1. Концентрации загрязняющих веществ в модельном растворе после разбавления молочной сыворотки пресной водой

Table.1. Concentrations of pollutants in the model solution after dilution with fresh water whey

Показатели	pH	XПК	БПК <sub>5</sub>	Вз. в-ва	Жиры	Азот ам.	Фосфаты
Концентрации, мг/дм <sup>3</sup>	7,31	720	480	490	2,1	68	115

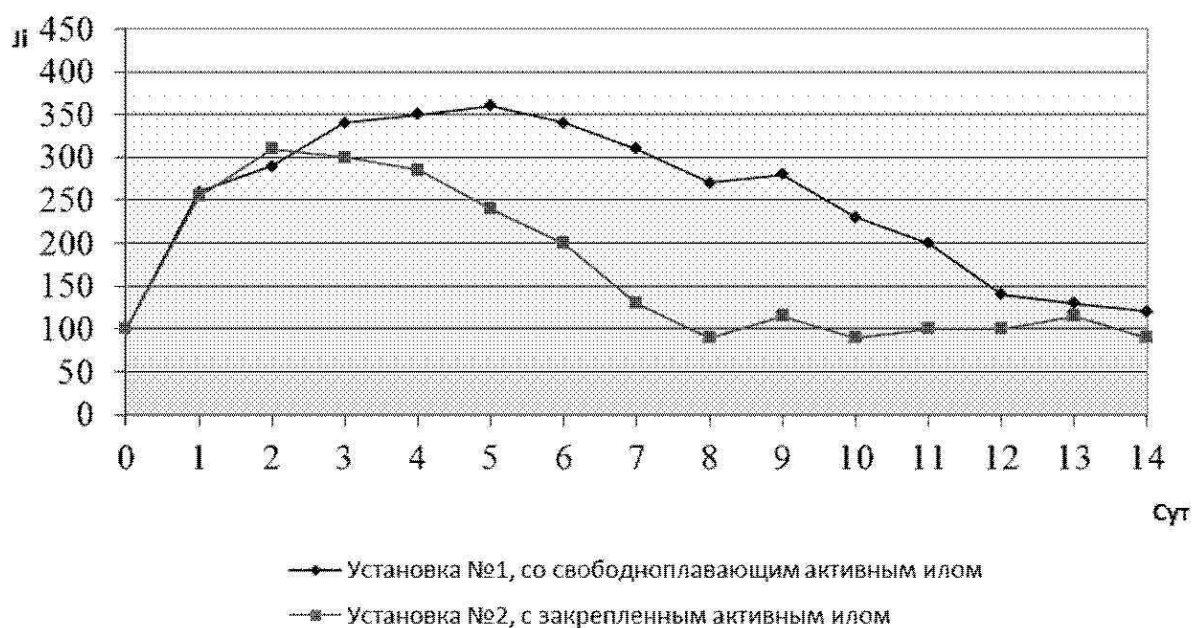


Рис. 4. Изменение концентрации активного ила в зависимости от времени пребывания  
 Fig. 4. Changing the concentration of activated sludge depends on the residence time of

Оценка эффективности работы сооружений начинали по истечению процесса адаптации активного ила к характеру модельного раствора – 14 сутки. На протяжении двух недель, с целью контроля физиологических свойств активного ила, измерялся иловый индекс, который в обеих установках с первых часов работы был достаточно высоким – 240 - 290, что свидетельствует о вспухании ила и нарушении его седиментационных свойств.

Отбор проб поступающих растворов и очищенных вод после сооружения проводили после достижения значения илового индекса ( $J_i$ ) в установке №1 ниже 120, что и наблюдалось через две недели после запуска аэротенков. Динамика изменения илового индекса в установках представлена на рисунке 4.

Из представленного графика видно, что значение илового индекса в первые дни существенно возросло по сравнению с исходными в обеих установках – свыше 300. Однако, в установке №2 иловый индекс начал снижаться уже на 3 сутки в отличие от аэротенка №1, у которого этот процесс начался лишь на 4-е сутки. В установке со свободноплавающим активным илом нормальный иловый индекс (80-120) был достигнут только на 14 сутки в то время как в установке №2 это значение было достигнуто еще на 8 сутки. После адаптации биоценоза активного ила из 2-х аэротенков были

отобраны пробы иловой смеси, в которых определили концентрации активного ила ( $a_i$ ). В первой установке  $a_i$  соответствовал исходным концентрациям – 3,2 г/дм<sup>3</sup>, во-второй установке  $a_i$  составлял – 3,7 г/дм<sup>3</sup>, что говорит о небольшом приросте биомассы. На 14 сутки в установке № 2 визуально было заметно обрастание загрузки материала биологической пленкой.

По истечению периода адаптации активного ила в установках (14 сут.) были проведены исследования по определению эффективности очистки модельного раствора на двух установках при одинаковых условиях. В буферную емкость периодически готовилась и доливалась модельная жидкость с концентрациями близкими к составу сточных вод молокозаводов ХПК – 1000 - 1500 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, БПК<sub>5</sub> – 600 – 1100 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, взвешенные вещества – 600 – 800 мг/дм<sup>3</sup>, жиры 20-60 мг/дм<sup>3</sup>. Расход модельного раствора подаваемого в установки составлял 0,4 дм<sup>3</sup>/час, что соответствует времени пребывания в аэротенках – 11 часов.

Раз в сутки отбирали пробы модельных растворов, поступающие в аэротенки и на выходе из вторичных отстойников для выполнения в них основных химических анализов и определения физиологического состояния активного ила. Результаты химических анализов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Эффективность очистки модельных растворов в установках со свободноплавающим активным илом и закрепленным на материале-носителе  
 Table.2. The cleaning efficiency of model solutions in systems with free-activated sludge and fixed on a support material

Химические показатели									
Поступающие концентрации и эффективность очистки	pH	XПК	БПК <sub>5</sub>	Вз. в-ва	Жиры	Азот ам.	Нитраты	Нитриты	Фосфаты
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дата проведения исследования: 09.07.2012, а, №1=3,2 г/дм <sup>3</sup> , №2=3,7; J, №1=130, №2=95									
Исходная концентрация, мг/дм <sup>3</sup> (C <sub>исх</sub> )	6,95	1120	840	650	14	68	2,55	0,9	72
Концентрация после очистки, мг/дм <sup>3</sup> (C <sub>вых</sub> ) №1	7,11	960	690	420	13,3	62	2,5	1,15	69
№2	6,91	915	640	258	8,3	58	1,9	2,3	67,5
Эффективность очистки, % (Э)									
№1	-	14	17	35	5	9	2	-	4
№2	-	18	22	60	41	15	25	-	6
Дата проведения исследования: 11.07.2012, а, №1=3,1 г/дм <sup>3</sup> , №2=4,2; J, №1=130, №2=100									
C <sub>исх</sub> мг/дм <sup>3</sup>	6,92	1120	830	650	13,8	71	2,2	1,8	70
C <sub>вых</sub> №1	7,02	945	680	415	13,1	61	2,1	2,4	67
№2	6,84	900	620	224	7,7	55	1,4	3,7	64
Э, №1	-	16	18	36	5	14	5	-	4
№2	-	20	25	66	44	23	36	-	9
Дата проведения исследования: 13.07.2012, а, №1=3,3 г/дм <sup>3</sup> , №2=4,7; J, №1=160, №2=135									
C <sub>исх</sub>	6,74	1220	940	680	9,1	70	1,2	< 0,03	56
C <sub>вых</sub> №1	6,63	1000	780	340	7,8	62	0,54	2,6	50
№2	6,12	950	710	211	4,2	54	0,58	4,1	46
Э, №1	-	18	17	50	14	11	55	-	11
№2	-	22	25	69	53	23	52	-	18
Дата проведения исследования: 17.07.2012, а, №1=3,5 г/дм <sup>3</sup> , №2=6,2; J, №1=125, №2=120									
C <sub>исх</sub>	7,34	1350	1020	730	7,4	47	3,5	< 0,03	61
C <sub>вых</sub> №1	7,25	1090	820	450	3,2	34	1,2	18,1	50
№2	7,18	1000	730	440	2,5	27	6,4	12,3	43
Э, №1	-	19	19	38	57	28	34	-	18
№2	-	26	28	40	66	43	-	-	29
Дата проведения исследования: 19.07.2012, а, №1=3,6 г/дм <sup>3</sup> , №2=7,8; J, №1=160, №2=130									
C <sub>исх</sub>	7,24	1350	1010	725	7,3	48	3,5	< 0,03	59,5
C <sub>вых</sub> №1	7,15	1070	820	485	3,0	34	1,3	19,4	48
№2	7,06	940	660	460	1,9	22	19,5	17,6	36
Э, №1	-	20	19	33	60	19	63	-	19
№2	-	31	35	37	74	54	-	-	39
Дата проведения исследования: 25.07.2012, а, №1=3,8 г/дм <sup>3</sup> , №2=12; J, №1=170, №2=155									
C <sub>исх</sub>	6,87	1220	890	690	2,4	57	1,5	< 0,03	41
C <sub>вых</sub> №1	6,62	950	670	450	1,1	42	17,9	12,6	32
№2	6,48	580	430	435	0,7	27	2,3	7,6	22
Э, №1	-	22	24	35	54	26	-	-	22
№2	-	52	52	37	71	53	-	-	46

продолжение табл. 2

Дата проведения исследования: 31.07.2012, а, №1=3,6 г/дм <sup>3</sup> , №2=18; J, №1=190, №2=140									
C <sub>исх.</sub>	7,43	1430	1200	765	4,7	76	2,3	1,4	52
C <sub>вых.</sub> №1	7,26	1080	860	540	1,9	54	7,8	19	35
№2	7,18	450	220	510	0,6	14	6,3	8,9	20
Э, №1	-	25	28	29	60	30	-	-	33
№2	-	69	82	33	87	82	-	-	62
Дата проведения исследования: 06.08.2012, а, №1=3,8 г/дм <sup>3</sup> , №2=20; J, №1=210, №2=160									
C <sub>исх.</sub>	7,83	1360	1140	675	3,9	46	1,7	< 0,03	39
C <sub>вых.</sub> №1	7,64	1000	810	440	1,2	29	8,1	14	25
№2	7,53	510	420	430	0,7	13	6,3	11,2	17,5
Э, №1	-	27	29	35	69	36	-	-	36
№2	-	63	63	36	82	72	-	-	55

Из представленной таблицы видно, что на протяжении 4-х недель проведения исследований установка № 2 обеспечивала более эффективное удаление всех представленных химических компонентов. В отличие от аэротенка со свободноплавающим илом, где доза ила за все время не превышала 4 г/дм<sup>3</sup>, в установке с иммобилизацией биоценоза концентрация активного ила была достигнута свыше 20 г/дм<sup>3</sup>. Необходимо отметить, что при повышении дозы ила в сооружении в №2 более 18 г/дм<sup>3</sup> ухудшалась эффективность очистки по органическим веществам и биогенным элементам, а наиболее высокая эффективность очистки наблюдалась при дозе ила от 12 до 18 г/дм<sup>3</sup>. При таких дозах активного ила достигается эффективность очистки по ХПК – 69%, азоту аммония – 82%, фосфатам – 62 %.

Также преимуществом установки № 2 является более глубокое удаление соединений азота. Установлено, что процессы денитрификации активно проходят в установке №2, что выражается в снижении концентраций нитритов и нитратов, в отличие от установки №1, где эти процессы практически незаметны. Наличие пор в пенополиуретане обеспечивает возможность части микроорганизмов проникать во внутренние слои загрузки и при обрастании там формируются условия близкие к анаэробным. Другими словами, во внутренних порах создаются анаэробные условия в которых находятся факультативно анаэробные микроорганизмы. Благодаря этому, в установке №2 при обрастании материала-носителя развиваются как аэробные так и анаэробные микроорганизмы, что позволяет протекать процессам нитри-денитрификации в одном сооружении, благодаря чему существенно экономится объем сооружения.

#### ВЫВОДЫ

1. На основании изучения литературных источников можно сделать вывод, что иммобилизация микроорганизмов на различных носителях повышает интенсивность физиолого-биохимических процессов и улучшает седиментационные свойства активного ила.

2. На лабораторных установках было доказано преимущество эффективности очистки с иммобилизацией микроорганизмов в сравнении со свободноплавающим активным илом. В качестве носителя используется пенополиуретан эластичный, изготовленный на основе простых полиэфиров окиси пропилена с пористостью 97 %.

3. Использование иммобилизации микроорганизмов позволяет проводить процессы нитри-денитрификации в одной емкости, что обеспечивает нормативное содержание аммонийного азота без введения дополнительных установок.

4. По результатам проведенных экспериментальных исследований была разработана технология очистки высококонцентрированных жирсодержащих сточных вод молокоперерабатывающих предприятий, способная обеспечить качество очищенных сточных вод удовлетворяющее требованиям сброса в систему городской канализации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Rittmann Bruce E., McCarty Perry L., 2001. Environmental Biotechnology: Principles and Applications. New York: Higher Education. - 307 – 362.
2. Амелина Ж., Варваров В., Саликова М., 2005. Экология: Учебное пособие. – Воронеж: ВГТА. – 232.
3. Валкина Е, Вернези С, Николаенко И, Богущкий П., 2010. Использование методов водоочистки в новейших энергосберегающих технологиях. – MOTROL. – Motoryzacja i energetyka zolnictwa. – Lublin. – Volume 12C. – 114-120.
4. Васильев Б., Мишуков Б., Иваненко И., 2001. Технологии биологического удаления азота и фосфора на станциях аэрации: Водоснабжение и санитарная техника. – Москва. – № 5. – 22–25.
5. Гвоздяк П., 2006. Спужання активного мулу: хто винен і що робити: Вода і водоочисні технології. - Київ. - № 3. - 38-44.



6. Горбань Н., Мащок С., Ревякина Н., Топчий Р., 2001. Современные методы очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности: Проблемы охраны навколишнього природного середовища та техногенної безпеки. – Харьков. – 177 – 181.
7. Горбань Н., Мащок С., 2006. Технология очистки сточных вод молокозаводов: «Материалы 4-й международной конференции» 31 января – 1 февраля 2006 г. – Харьков. – 336.
8. Горбань Н., Школьник Е., 1995. Использование иммобилизованных микроорганизмов для повышения эффективности очистки сточных вод: Химия и технология воды. – Киев. - №4. – 444-448.
9. Демидов О., 1990. Обзорный доклад о мировом уровне и тенденциях развития строительной науки и техники, тема: очистные сооружения предприятий мясной и молочной промышленности. – Москва. – 70.
10. Дмитрієва О., Калашніков В., Колдоба І., 2006. Водовідведення в населених пунктах України та напрямки його удосконалення: Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. - Київ. – №6. – 47-51.
11. Залашко М., 1990. Биотехнология переработки молочной сыворотки: Агропромиздат. – Москва. – 192.
12. Имхофф К., Имхофф К., 1997. Справочник по городским сточным водам: Пер. с нем. Харьков. – 537.
13. Карелин Я., Яромский В., 1993 Очистка сточных вод предприятий молочной промышленности. Водоснабжение и санитарная техника. – Москва. – № 6. – 6 – 7.
14. Каца В. 1972. Вода и сточные воды в пищевой промышленности. Пищевая промышленность. – Москва. – 269 – 289.
15. Корчик Н., 2007. Технологии очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности: Материалы IV междунар. конф. «Сотрудничество для решения проблемы отходов». – Харьков. – 251–254.
16. Мальований М., Дячок В., Сахневич Я., 2008. Аналіз перспектив очищення стоків харчових виробництв. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – Київ. – №5. – 72 – 75.
17. Медведев Г., Мишуков Б., Соловьева Е., 2009. Влияние усреднения расхода и состава сточных вод на работу азротенков-нитрификаторов: Водоснабжение и санитарная техника. – Москва. – № 6. – 65 – 68.
18. Мешенгиссер Ю., Щетинин А., Есин М., 2007. Удаление азота и фосфора активным илом: Коммунальное хозяйство городов. - ХНАГХ. – Харьков. – №74. – 36–45.
19. Николаев А., Крючихин Е., 2003. Очистка сточных вод до требований экологических нормативов на сброс в водоемы: Экология и промышленность России. – Москва – 17–19.
20. Трунов П., Лунин С., Благодарная Г., Шевченко А. 2010. Технология обработки высококонцентрированных сточных вод молокоперерабатывающих предприятий. Науковий вісник будівництва. – Харьков. – ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – № 60. – 22-27.
21. Хенце М., Армозс П., 2004. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы: пер. с англ. – Мир. – 471.
22. Чеботаева М., 2008. Очистные сооружения Biomag в индустрии напитков в России. Пиво и напитки. – Москва. – №4. – 44–45.
23. Шифрин С., Иванов Г., Мишуков Б., Феофанов Ю., 1981. Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности: Легкая и пищевая промышленность. – Москва. – 272.
24. Шифрин С., Мишуков Б., 1968. Очистка сточных вод предприятий молочной промышленности: Пищевая промышленность. - Москва. - 117.
25. Шифрин С., Соломахин И., 1964. Очистка сточных вод мясокомбинатов. Водоснабжение и санитарная техника. - Москва. - №4. - 18-21.
26. Шустер К., Нойберт И. 2009. Анаэробная обработка высококонцентрированных стоков молочных предприятий. Экология производства. – Москва. – №11. – 50–52.
27. Эпоян С.М., Горбань Н.С., Фомин С.С., 2010. Анализ существующих методов очистки сточных вод молокозаводов: Науковий вісник будівництва. - ХДТУБА, ХОТВ АБУ, Харьков. – Вип. 57. – 393 – 398.
28. Эпоян С., Фомин С., Горбань Н., Аскретков Н., Ревякина Н., 2008. Технологія очистки стічних вод, що скидаються у водні об'єкти від сполук азоту: Науковий вісник будівництва.- ХДТУБА, ХОТВ АБУ, Харьков.- Вип. 50.- 205-210.

## INTENSIFICATION OF BIOLOGICAL TREATMENT SEWAGE DAIRIES

**Summary.** The article analyzes the problem of sewage treatment, milk. The basic methods of wastewater treatment industry and determine their effectiveness. Describes the laboratory setup simulating system aeropack with free-activated sludge and immobilized on a support material. The efficiency of purification of model solutions with a composition close to that of real dairy wastewater in laboratory settings.

**Key words:** wastewater, dairies, purification, activated sludge, a carrier material, chemical oxygen demand.