

Шкавро З. Н.

## ПРИРОДНЫЕ БИОЦЕНОЗЫ — АНАЛОГ ТЕХНОЛОГИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ВОДООЧИСТКИ

*Институт коллоидной химии и химии воды им. А. В. Думанского НАН Украины, г. Киев*

Рассмотрено влияние физико-химических условий водной среды на развитие видового состава биоценоза и жизнеспособность гидробионтов, как в естественных, так и искусственных условиях. Предложен (экспериментально проверенный) физико-химический способ регулирования видового состава биоценоза в сооружениях биологической очистки сточной воды.

*Ключевые слова:* биоценоз, биологическая очистка.

Физика жизни — понятие весьма емкое, в нем суть взаимосвязи костной материи (минеральные вещества) и живой (синтезированных органических веществ). А основными связующими элементами в трансформации живого и костного мира являются, углерод, водород, азот, далее фосфор и т. п.

Разобраться в механизме трансформации веществ, как в случае синтеза органического вещества из неорганических элементов, так и при деструкции органических веществ, вплоть до минеральных, позволяет анализ метаболизма микроорганизмов. Именно они обеспечивают круговорот веществ в природе. Одни используют энергию солнца, кислород и воду и синтезируют органические вещества. Метаболический анаэробный процесс других, заключается в использовании углекислого газа для получения энергии, гидролиза органических веществ (участие воды) и их последующей минерализации. Микроорганизмы первое и главное звено в развитии и существовании всего видового многообразия флоры и фауны нашей планеты. Они же — санитары, ликвидирующие вредоносное воздействие на экологию, бездумной деятельности человека.

Природные биологические процессы, являются так же источником идей для технологов [1]. Изучение процессов метаболизма микроорганизмов и функционирования их популяций, лежат в основе развития промышленной микробиологии [2, 3]. В сложившейся экосистеме (существующей определенное время в пространстве ареала), между биотической и абиотической составляющими, образуются и функционируют стабильные потоки вещества и энергии. Системы биоценоза с функциональными связями между видами популяций, реагируют на изменения в окружающей среде внутрисистемными преобразованиями.

Известно, что природное развитие различных видов популяций взаимосвязано. Так водные экосистемы, отличаются составом биоценоза — они населены вполне определенными растениями, рыбами, беспозвоночными и микроорганизмами. Состав и массовое внутривидовое количество организмов зависят от различных условий, и в первую очередь от физико-химических показателей воды и состава ее примесей.

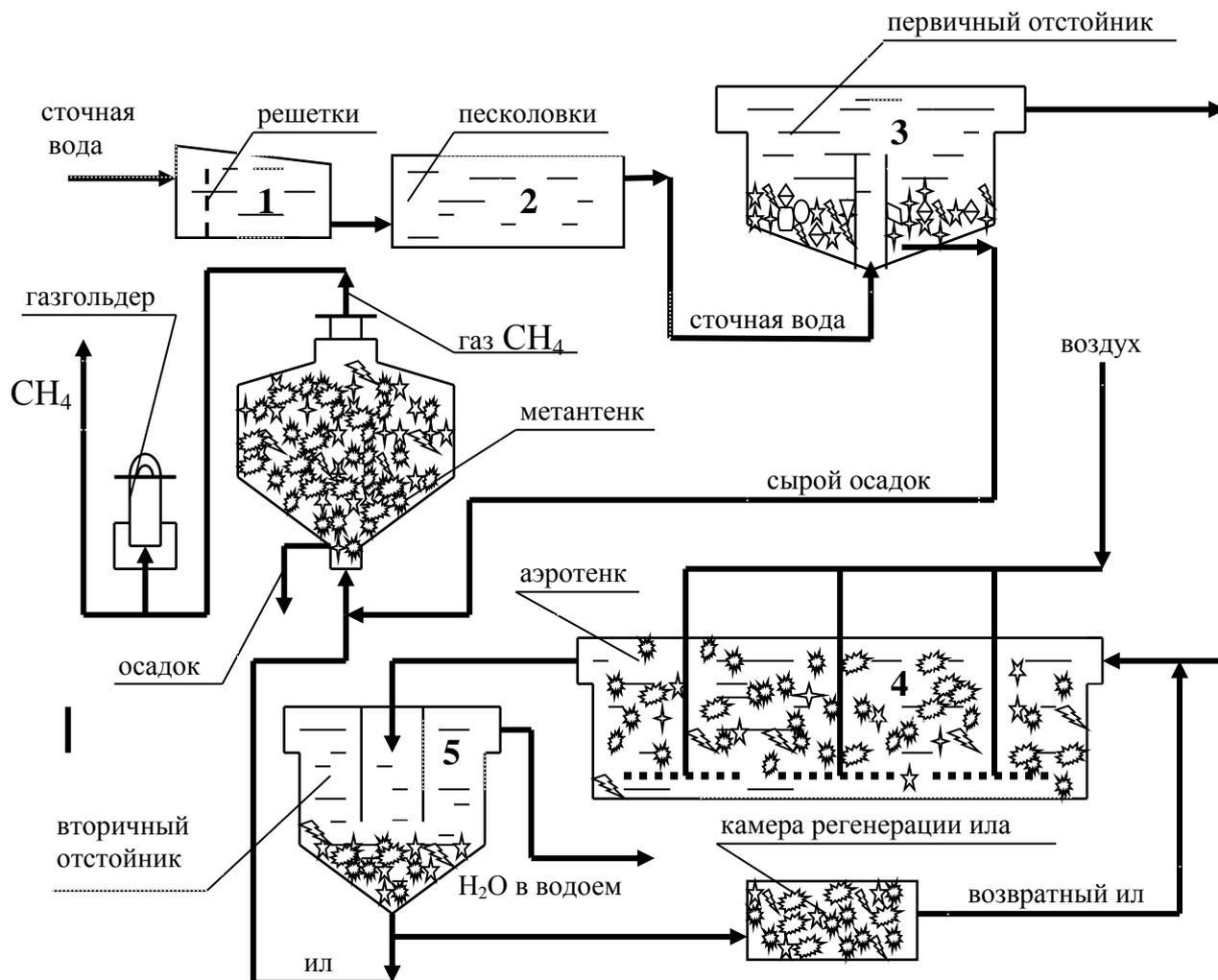
Степень загрязнения водоемов или чистоту воды в нем, оценивают согласно сложившемуся в нем биоценозу, определяя к какой зоне сапробности он относится [4]. Согласно такой классификации, водоем может иметь и несколько зон сапробности, особенно это характерно для современного периода, отличающегося антропогенным прессингом на природные водные бассейны (сброс плохо очищенной сточной воды, поступление пестицидов гербицидов, радионуклидов, смываемых дождями с полей, дорог и т. д).

По биологическим показателям, чистые водоемы населены **катаробионтами** (греч. *katharos* — чистый). Водоемы разной степени загрязненности имеют *сапробную* биоту. Сапробный (греч. *sapros* — гнилой). **Сапробионты** в свою очередь делят на: *олигосапробы* — населяющие слабо загрязненные водоемы; *мезосапробы* (как  $\alpha$  так и  $\beta$ ) — сильно загрязненные водоемы; *полисапробионты* — населяют сточные воды.

Изучение природных процессов самоочищения водоемов, позволило разработать целый ряд технологических способов биологической очистки бытовых и промышленных сточных вод, загрязненных органическими веществами. Для интенсификации биологических процессов осуществляемых в искусственных условиях, разрабатываются способы увеличения концентрации

необходимых микроорганизмов в единице объема и регулируются физико-химические условия для развития тех или иных биоценозов. Для деструкции органических загрязнений сточной воды техногенного характера, адаптируют штаммы природных микроорганизмов, например, способных потреблять и минерализовать нефтепродукты и т. п.

Кроме того, в технологии водоочистки используют как **аэробные** микроорганизмы (потребляющие кислород) так и **анаэробные** (существующие в среде, не содержащей кислорода).



**Рис. 1.** Принципиальная технологическая схема очистки сточной воды биологическим методом.

В настоящее время разработан и реализуется ряд способов биологической очистки. Все они отличаются по своей технологической специфике, набору очистных сооружений и аппаратов для реализации способа, заселением их необходимой биотой:

- *биологические пруды* с естественной или искусственной аэрацией, населенные фитопланктоном (используются преимущественно для доочистки сточной воды);
- *биофильтры*, в которых для закрепления биопленки используют вращающиеся диски или различные загрузки (керамические кольца Рашига, синтетические нити ...);
- *аэротенки* (с принудительной аэрацией сточной воды), загруженные активным илом, состоящим из аэробных микроорганизмов;
- *метантенки*, с активным илом, состоящим из анаэробных микроорганизмов, способных существовать и развиваться либо в мезофильных либо термофильных условиях.

Для очистки сточных вод используют метод аэробной деструкции органических ве-

ществ загрязняющих воду. В процессе минерализации органических веществ биотой активного ила, его масса увеличивается (за счет роста популяций активного ила), и ее выводят из аэротенка. Дальше эту образовавшуюся в аэротенке биомассу сбрасывают, в анаэробных условиях, в метантенках. В результате такой деструкции органических веществ получают преимущественно газ метан.

Схемы очистки бытовых сточных вод города, преимущественно включают очистные сооружения и аппараты, представленные на рис. 1.

Поступив на очистные сооружения, сточная вода, проходит решетки (1), а затем песколовки (2), и так освобождается от песка, грубодисперсных примесей (в основном минеральных). Дальше поступает в первичный отстойник вертикального типа (3), в котором осажается часть дисперсных примесей, преимущественно органического происхождения. Из конусной части этого сооружения, сырой осадок, периодически откачивают насосами, и подают в метантенк, на сбрасывание в анаэробных условиях. А сточную воду, содержащую коллоидные и растворенные органические вещества подают в аэротенк (4) для минерализации нитрифицирующими и денитрифицирующими бактериями. Очищенную в аэротенке воду вместе с активным илом подают во вторичный отстойник (5) для их разделения.

Осветленную воду из вторичного отстойника чаще всего сбрасывают в водоем, а избыточный ил (биомассу) подают в метантенк для сбрасывания и получения метана. Иногда биомассу ила подсушивают на иловых площадках. Часть избыточного ила из аэротенка, подают в камеру регенерации и затем возвращают в аэротенк.

В этой технологии как метод аэробной, так и анаэробной деструкции органических веществ, основывается на эффективности жизнедеятельности микроорганизмов активного ила. Биоценоз активного ила состоит из: бактерий, простейших, микроскопических грибов, амёб, жгутиконосцев, инфузорий, коловраток, тихоходок и т. д.

Эффективность очистки воды в аэротенках зависит от количества воздуха, подаваемого на единицу объема воды (для обеспечения микроорганизмов кислородом), и нагрузки органических веществ на активный ил, поэтому важно поддерживать концентрацию ила в единице объема воды соответственно нормативным показателям. Количество и физическое состояние активного ила в воде, находящейся в аэротенке, определяется иловым индексом, а именно способностью его к оседанию за 30 мин. По нормативам, иловый индекс должен находиться в пределах 60—95 мл/г. Окислительная мощность активного ила, выражается в количестве трансформированных активным илом органических примесей воды. Она также зависит от концентрации активного ила, его видового состава и определяется по количеству сухого вещества в 1 л (колеблется от 1 до 20 г/л). Удельная скорость окисления, характеризуется количеством изъятых в сутки органических веществ, определяемых по БПК (биологической потребности кислорода) на 1 г беззольного вещества.

Биологический способ очистки воды от органических веществ, экологически целесообразен и довольно эффективный. Вместе с тем, в практике биологической очистки сточной воды возникают проблемы, обусловленные изменением состава и концентраций загрязняющих веществ. Как результат, видовой состав активного ила изменяется, что ухудшает работу аэротенков, а иногда они даже полностью выходят из строя. Необходимость предупреждения таких негативных процессов при реализации способа аэробной деминерализации органических веществ, обусловил поиск способов стабилизации работы аэротенков.

Нами был осуществлен теоретический анализ проблемы и проведен поиск способов стабилизации и повышения степени деструкции органических веществ аэробным способом, и обеспечения условий поддержания илового индекса на нормативном уровне.

Экспериментальные исследования по регенерации биоценоза микроорганизмов активного ила, в условиях неожиданного поступления загнившей сточной воды в общесплавную канализацию, а затем в аэротенк, нами проведены, как в лабораторных условиях, так и на реальных очистных сооружениях городов Геническ, Приморско-Ахтарск, Киев (Бортнички) [5–7].

Немного подробнее о принципе работы аэротенка и составе, загружаемого активного ила.

В природе существуют нитрифицирующие микроорганизмы, использующие как субстрат углеводы, клетчатку, соли жирных кислот, и в процессе их жизнедеятельности азотно-

кислые соли восстанавливаются до газообразного азота. [8, 9]. Эти процессы нитрификации и денитрификации положены в основу работы аэротенка.

При аэробной деструкции органических веществ, микробная биомасса использует для дыхания (сжигания) или окисления (нитрификации) кислород. В микробиологии дыханием называют процесс биологического сжигания органических веществ с выделением энергии, и этот процесс осуществляется по общей реакции:

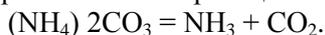


Процесс деструкции органических веществ (с использованием кислорода) осуществляется активным илом, населенным бактериями рода: *aspedisca*, *vorticella*, *opercularia*, *nitrobacter*, *paracoccus*, *caulobacter*, *hyphomicrobium*, *acinetobacter*, *sphaerotilus*, *aeromonas*, *pseudomonas*, *cytophaga*, *flavobacterium*, *flexibacter*, *halisomenobacter*, *artrobacter*, *corynebacterium*, *microtrix*, *nocardia*, *rhodococcus*, *bacillus* и т. пр. [10]. Важную роль выполняют в активном иле простейшие, к которым относят: саркодовые, жгутиковые, инфузории. Простейшие питаются бактериями, масса которых нарастает в процессе потребления ими органических примесей воды. Таким образом простейшие способствуют омоложению активного ила, можно сказать регулируют его возраст (термин общепринятый) и видовой состав.

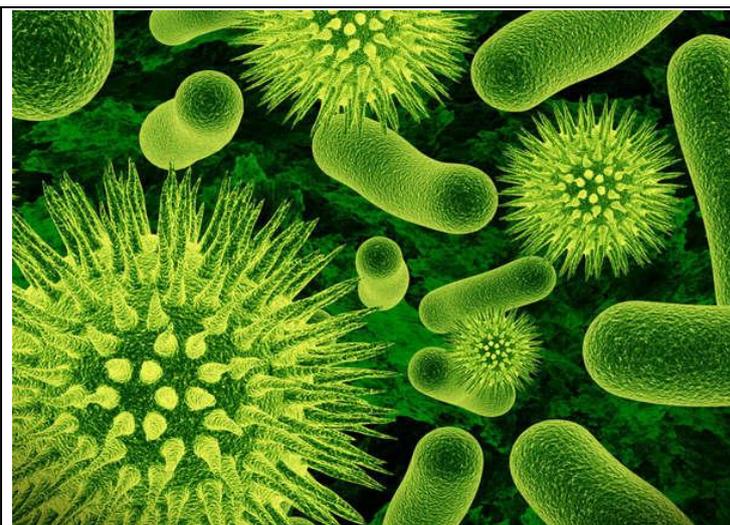
Процесс минерализации органических веществ в аэротенке осуществляется благодаря способности бактерий образовывать гели (с большой адсорбционной поверхностью) и выделять ферменты, посредством которых и расщепляются органические загрязнения до минеральных молекул. Минерализация органических веществ (способом нитрификации и денитрификации) происходит в такой последовательности. Уробактерии подвергают гидролизу мочевины, содержащуюся в сточной воде, в результате реакции образуется углекислый аммоний:



далее происходит его разложение по реакции:



Азот аммонийных солей окисляется с образованием соли азотистой кислоты  $RNO_2$ , а затем образуются нитриты  $RNO_3$  (процесс нитрификации).



**Фото. 1. Вид активного ила в аэротенке (увеличение под микроскопом) [11].**



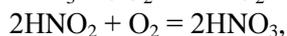
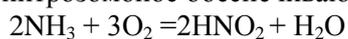
инфузории *Operecularia*



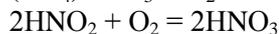
колловратки

**Фото 2. Пример вида некоторых простейших активного ила [12].**

Так бактерии, нитрозомонос обеспечивают реакцию:



затем бактерии нитробактер преобразуют:



Как было отмечено выше, важным технологическим показателем работы аэротенка является иловый индекс, характеризующий физиологическое состояние активного ила. Иногда на очистных сооружениях больших городов, наблюдается повышение илового индекса до 150 мл/г и выше, происходит так называемое вспухание ила, работа аэротенков нарушается, а иногда они полностью выходят из строя [12]. Например, на очистных сооружениях г. Геническ, при внезапных выбросах в канализацию загнившей сточной воды рыбзаводов, наблюдалось повышение илового индекса в аэротенках до 130–180 мл/г. Как установлено нашими исследованиями, процесс вспухания активного ила был обусловлен интенсивным развитием в нем нитчатых бактерий, таких как *sphaerotilus*, *cladotrix*, наличием микроскопических грибов. А снижение степени окисления органических веществ, связано с угнетением метаболизма таких микроорганизмов как *aspedisca*, *vorticella*, *opercularia* и др. Все это можно объяснить повышением содержания углеводов в сточной воде, а также наличием в ней токсичных веществ.

В результате вспухания активного ила и уменьшения полезной микрофлоры, аэротенки были перегружены и постепенно выходили из строя. Кроме того, как видно из табл. 1 соотношение азота и фосфора в составе сточной воды рыбзаводов, не отвечают нормативным требованиям для аэротенков.

Таблица 1. Показатели сточной воды некоторых предприятий г. Геническ

предприятие	Q, м <sup>3</sup> /сут	взвеси, мг/дм <sup>3</sup>	БПК мгО/дм <sup>3</sup>	ХПК мгО/дм <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	P, мг/дм <sup>3</sup>	pH
рыбзавод	1280	276	360	440	20,0	19,6	8,0
рыбзавод	240	200	189	239	4,2	3,3	8,0
рыбкомбинат	180	148	224	242	4,1	3,2	7,9
колбасный 3-д	72	96,5	312	400	20,0	6,6	8,1

Согласно СНиП 2.04.03-85 содержание азота, в виде аммонийных солей и фосфора, в виде фосфатов, должно находиться в следующем соотношении БПК: N : P = 100 : 5 : 1. Как видно из таблицы, для колбасного завода это соотношение приближается к нормативным требованиям, примерно (4 : 1) по NH<sub>4</sub><sup>+</sup> — 20 мг/дм<sup>3</sup> и фосфатам — 6,6 мг/дм<sup>3</sup>, в то время, как для рыбзаводов соотношение азота и фосфора составляет примерно 1: 1, что не отвечает требованиям СНиП.

Для снижения нагрузки на аэротенк в литературе рекомендуется предварительная коагуляция примесей воды перед аэротенком гидролизующимися солями алюминия или железа. Но, учитывая, что соли алюминия токсичны для высших организмов, их применение весьма нежелательно, как обуславливающее вторичное загрязнение воды и образующихся осадков [13, 14]. Кроме того соли алюминия негативно влияют на процесс нитрификации и денитрификации в аэротенках, а при попадании их в метантенк, снижается выход по газу на 14–15% по данным [14].

Исходя из того, что соли магния не уступают по коагулирующим свойствам солям алюминия и железа, как было показано нами ранее [15, 16 ] и являются безопасными для высших организмов, но стоимость их выше, нами был проведен эксперимент по использованию морской воды в качестве источника солей магния, поскольку очистные сооружения находятся на морском побережье.

Морская вода высокоминерализована, а в нормативной литературе рекомендуется подавать на биологическую очистку воду с концентрацией солей, не выше 10 г/дм<sup>3</sup>, поэтому необходимо было экспериментально установить допустимые ее объемы для добавления к сточной воде.

Кроме того, из литературы известно, что «вспухание» активного ила можно устранить,

хлорированием возвратного ила [8]. Но, хлорирование воды с наличием целого ряда органических веществ, приводит к образованию высокотоксичных хлорпроизводных соединений, поэтому применение этого метода при очистке сточной воды весьма не желательно. А поскольку известно, что щелочная среда действует угнетающе на развитие нитчатых бактерий, можно считать, что вместо хлорирования целесообразней использовать способ подщелачивания воды, для этого необходимо исследовать поведение в щелочной среде других бактериальных популяций и простейших организмов активного ила.

С учетом выше изложенного, нами изучалось одновременное влияние состава морской воды и щелочной среды на функционирование микроорганизмов активного ила.

В результате экспериментальных исследований, установлено, что эффективная коагуляция примесей воды, достигается добавлением к сточной воде (по объёму) — 15–25% морской, и доведении pH до 10,0.

На рис 2, представлен график скорости седиментации примесей сточной воды при введении 25% морской и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  до pH 10 в первичный отстойник.

При неожиданных поступлениях, на очистные сооружения, загнившей сточной воды рыбокомбинатов работа аэротенков значительно ухудшается. Для эксперимента, в данный период, отбирали воду из аэротенка и заполняли моделирующие

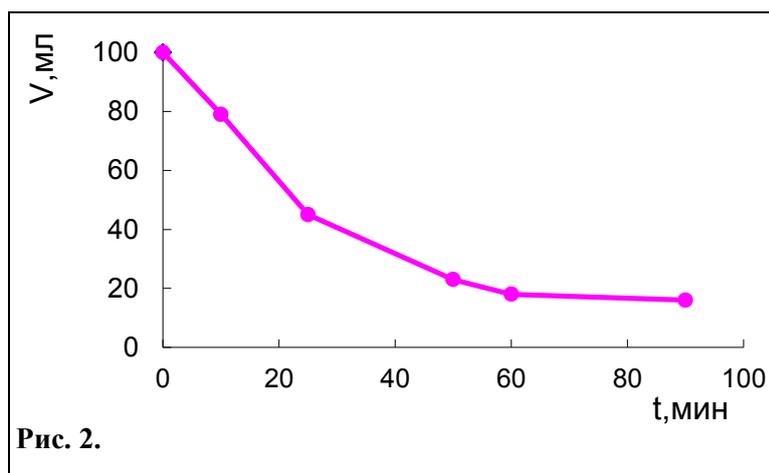


Рис. 2.

аэротенк емкости. В одну из них (1) добавляли 25% морской воды и устанавливали pH не ниже 9,5 (для этого добавляли  $\text{CaO}$ ). В контрольном (2), модельном аэротенке микроорганизмы погибли через 36 часов, а в (1), выжили, но, простейшие двигались медленнее сравнительно с поведением их в оптимальных условиях.

После 30 часового пребывания ила в аэротенке 2 ил стал белесым, мертвым, в подвижном состоянии еще наблюдались — *honotuslamella*, *philodina*, в неподвижном — *parchesum*, с замкнутыми ресничками, раздутыми формами.

В аэротенке 1 с морской водой и  $\text{CaO}$ , в щелочной среде микроорганизмы были живыми. В подвижном состоянии находилась *aspedisca* и *vorticella*, они обычно характерны для активного ила находящегося в оптимальных условиях. Встречались неподвижные экземпляры *vorticella*. В активной форме находилась *opercularia*.

Восстановление жизнеспособности активного ила, объясняется предотвращением развития нитчатых бактерий в щелочной среде и восстановлением жизнеспособности бактерий *aspedisca*, *vorticella*.

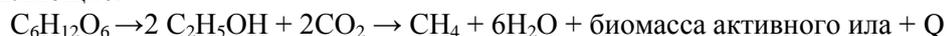
При проверке в натуральных условиях на городских очистных сооружениях, щелочная обработка проводилась в камере регенерации. В качестве источника ионов магния в приморских городах использовалась морская вода, в других городах и в лабораторных условиях — природный бишофит. Положительные результаты получены при щелочной обработке в течение суток, которая проводилась с периодичностью 1 раз в 7-10 дней. В камере регенерации для восстановления активного ила pH поддерживали в пределах 9,5–10 в течение суток, а в последующие сутки недели pH в аэротенке и камере регенерации поддерживали в интервале 7–8.

Результаты реагентной обработки сточной воды с илом представлены в таблице 2.

Как видно из табл. 2, в период нарушения работы аэротенка, щелочная обработка активного ила в регенерационной камере в течение суток позволяет нормализовать работу аэробных микроорганизмов (эксперименты 3--5). В нейтральной среде, обработкой воды сернокислым алюминием, не удалось стабилизировать работу аэротенка (эксперимент 6).

Согласно схеме представленной на рис. 1, избыточный ил, образовавшийся в аэротенке 4 (его еще называют прирослым), отделяется во вторичном отстойнике 5, откуда его подают в

метантенк. Сырой осадок первичного отстойника, также поступает в метантенк. В метантенках используется иловая масса с метаногенерирующими бактериями, которых может насчитываться до 20 видов. Это наиболее древние бактерии [3]. В результате многостадийного метанового брожения биополимеры превращаются в ацетат, метанол, метиламин, оксид и диоксид углерода, аммиак, сероводород и водород. Процесс дыхания анаэробных микроорганизмов осуществляется за счет получения энергии путем расщепления молекул органических веществ на более простые составляющие:

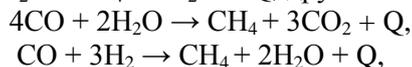


**Таблица 2**

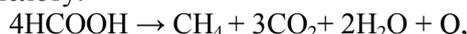
№	реагентная обработка водо-иловой смеси аэротенка		в камере регенерации ил + Ca(OH) <sub>2</sub>		показатели работы аэротенка (после 36 ч работы)		
	соотношение ионов Mg <sup>2+</sup> : Ca <sup>2+</sup>	pH	pH	при pH, сутки	БСК, мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Иловый индекс, см <sup>3</sup> /г	преобладание в активном иле микроорганизмов
<b>работа аэротенка в нормативном режиме с использованием Mg<sup>2+</sup>(OH)<sub>2</sub></b>							
1	1: 1	9,0	10,0	1	10	95	aspedisca, vorticella в активной форме
2	1: 1,2	9,5	10,5	1	10	90	-»-
<b>работа аэротенка при поступлении воды с загнившими примесями с использованием Mg<sup>2+</sup>(OH)<sub>2</sub></b>							
3	1: 1	9,0	10,0	1	25	95	vorticella, aspedisca, honotuslamella, в активной форме
4	1: 1,2	9,5	10,5	1	25	95	-»-
5	1: 1,3	10,0	10,0	1,5	18	90	-»-
<b>работа аэротенка при поступлении воды с загнившими веществами с использованием Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub></b>							
6	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	7,0	7,0	7,0	197	155	honotuslamella, opercularia, philodina. малорухливи, parchesum, vorticella — раздутые формы, неподвижные

Анаэробная деструкция органических веществ осуществляется сообществом микроорганизмов обеспечивающих процесс гидролиза, брожения, ацелирования и метаногенеза. В сообществе микроорганизмов активного ила осуществляются функциональные взаимосвязи, которые, в какой то мере можно сравнить с характерными для многоклеточных организмов. Субстраты имеют трофическую связь с предыдущей популяцией развития бактерий. Деструкцию органических веществ до получения метана обеспечивают methanosarcina, methanosaeta, methanomicrobium.

Например, одни метановые бактерии в качестве субстрата используют диоксид углерода и водород:  $4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O + Q$ , другие — оксид углерода:



а также муравиную кислоту:



бактерии метаногены образуют метан из метильных групп метанола, метиламина, ацетата:  $4CH_3OH \rightarrow 3CH_4 + HCO_2 + 2H_2O + Q$ ,

Так процессы метаболизма различных анаэробных микроорганизмов в аэротенке реализуются по стадиям, на каждой последующей в качестве субстрата служат вещества, образовавшиеся на предыдущем этапе:

- а) **фаза гидролиза**, содержащихся в осадке углеводов, протеинов, жиров аминокислот, с образованием глюкозы и жирных кислот;
- б) **кислотообразующая и ацидофильная фаза** — образование уксусной, пропионовой кислоты, спиртов, альдегидов и неорганических веществ H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S

в) **метаногенная фаза** — разложение уксусной кислоты на метан, углекислый газ и воду, а затем из углекислого газа и водорода, образование метана и воды.

Образующийся в метантенке биогаз содержит 60–80% метана (CH<sub>4</sub>), 20–40% диоксида углерода и 2–5% других газов в основном сернистых [7]. Теплота сгорания биогаза составляет от 21 до 27,2 МДж/м<sup>3</sup>. Из биогаза можно получать электроэнергию [2]. Осадок из метантенка используют в качестве удобрений для сельскохозяйственных культур.

Краткое изложение основных принципов аэробных и анаэробных процессов, используемых в технологии очистки сточной воды, дает представление о взаимосвязи живых организмов, от микро до макро и связи времен от древности до современности. Многие микроорганизмы, о которых шла речь в этой работе, очень древние. Сама идея аэробной очистки сточных вод была высказана еще в 1887 г. английским химиком Дибдином, а применен метод был в 1914 г. [17]. Он продолжает использоваться, в различных технологических схемах очистки бытовых и промышленных сточных вод, в производстве получения полезных продуктов, его продолжают адаптировать к различным условиям применения и усовершенствуют по настоящее время.

### Л и т е р а т у р а :

1. Герасименко В. Г. Биотехнология — К: — 1989. — 343с.
2. Промышленная микробиология /под общей ред. Н. С. Егорова — М: —1989. — 688с.
3. Возня Н. Ф. Химия воды и микробиология — М: — 1967 — 324с.
4. Мац Л. И. Загрязнение и самоочищение внешней среды — М: — 1949. — 352с.
5. Шкавро З. М. Реагентна обробка стічної води підприємств харчової промисловості. //Наукові праці нац. Університету харчової технології. — К.: НУХТ — 2004. — N15. — С. 70 — 71.
6. Шкавро З. М. Інтенсифікація процесів очищення побутової стічної води коагуляцією солями магнію, джерелом яких є морська вода // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки. — 2007 — Вип.9. —С. 118 — 125.
7. Шкавро З. М. Патент України № 93952. Спосіб стабілізації роботи аеротенка. — Бюл. № 6, 25. 03. 2011 — 14 с.
8. Kayser R. New German design for single stage activated sludge plants. // Water Science and Technology. — 2000. — Vol. 41. — № 9. — Pp. 139–145.
9. Мишуков Б. Г., Соловьева Е. А., Керов В. А., Зверева Л. Н. Технология удаления азота и фосфора в процессах очистки сточных вод — СПб.: «Вода: технология и экология» —2008. — 144 с.
10. Методы биологической очистки — 2004. <http://www.e-ope.ee/download /eunirepository /file/ 2400/heitvee.zip/13.html>
11. <http://ochistnye-sooruzheniya.ru/bioximicheskaya-ochistka-stochnyx-vod/23-narushenie-ustojchivoj-raboty-aerotenkov.html>
12. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками — М.: — 2003 г. — 512с.
13. Жалдакова З. И., Полякова Е. Е., Синуцина О. О., Зайцев Н. А. Гигиеническая оценка безопасности реагентов //Водоснабжение и санитарная техника. — 2004. — № 1. — С. 9–11.
14. Шкавро З. М., Юрков Е. В. Седиментаційні характеристики коагулятив магнію // Проблеми водоочищення, водовідведення і гідраліки — Вип. 2007. — С. 61-66.
15. Shkavro Z. N., Kochkodan V. M., Sirenko L. A. Technological scheme of separation the microscopic algae from aqueous suspensions // CHISA 2006 Praha, Czech Republic — 2006.
16. Федоров Н. Ф., Шифрин С. М. Канализация — М: — 1968. — 592с.

*Статья поступила в редакцию 02.04.2013 г.*

*Shkavro Z. N.*

### **Natural biocenoses is analogue to the biological water treatment technology**

It is considered the influence of physico-chemical conditions in the aquatic environment on the development of the species composition of the biocoenosis and the viability hydrobionts, both in natural and artificial conditions. A physic-chemical method (experimentally verified) of regulating the species composition of the ecological community in the biological treatment of waste water is proposed.

*Keywords:* biocenose, biological treatment.