

# ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ МОДЕРНИЗАЦИИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

**В. В. Маркин, к.т.н.**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

*Аннотация.* Большинство канализационных очистных сооружений малых населенных пунктов Донбасса были построены 30–50 лет назад и имеют устаревшую технологию и значительный физический износ. Обеспечение очистки сточных вод до современных требований на таких очистных сооружениях не представляется возможным. Для улучшения экологического состояния природных водных источников требуется реконструкция очистных станций с применением новых технологий. В данной работе на основании изучения опыта внедрения технологий других авторов и собственных разработок подобрана рациональная схема реконструкции канализационных очистных сооружений малых населенных пунктов на примере очистной станции пгт. Нижняя Крынка. Разработанная схема позволяет, используя существующие сооружения, выполнить реконструкцию с минимальными капитальными затратами и получить высокое качество очистки сточных вод.

*Ключевые слова:* сточные воды, малые очистные сооружения, реконструкция, нитрификация, денитрификация, химическое удаление фосфора.



*Маркин Вячеслав  
Владимирович*

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время на территории Донбасса эксплуатируются канализационные очистные сооружения (КОС), построенные до 1991 года, срок их эксплуатации составляет 30–50 лет. На подавляющем большинстве КОС реконструкции с применением новых технологий не проводились, в лучшем случае выполнялись поддерживающие ремонты. Соответственно, многие очистные станции городов и населенных пунктов Донбасса находятся в неудовлетворительном техническом состоянии. Существующие технологии являются устаревшими и по некоторым показателям не позволяют осуществлять очистку сточных вод (СВ) до нормативных требований.

Технология очистки СВ на малых КОС отличается от очистных сооружений средней и большой производительности. Отличие заключается, главным образом, в сооружениях биологической очистки. На очистных станциях средней и большой производительности для биологической очистки применялись и применяются аэротенки. На малых КОС в качестве сооружений биологической очистки предусматривались, в основном, капельные биологические фильтры с объемной щебеночной загрузкой либо аэрофильтры.

Биологическая очистка является основным и главным этапом очистки на городских КОС и по многим показателям именно она определяет качество очищенной СВ.

Капельные биологические фильтры на сегодняшний день, вероятно, самые устаревшие сооружения искусственной биологической очистки. При новом строительстве их применение возможно, как правило, лишь для биологической доочистки СВ. Связано это с тем, что биофильтры с объемной загрузкой в одну ступень не позволяют осуществлять достаточно глубокий процесс нитрификации и, соответственно, невозможно обеспечить удаление соединений азота до нормативных требований [1, 2].

Также технология очистки СВ на биофильтрах имеет существенные недостатки, связанные, во-первых, с заиливанием верхнего слоя загрузки, прочистку и отмывку которого приходится осуществлять вручную, т. к. другой способ технологией не предусмотрен, во-вторых, с замерзанием жидкости в верхнем слое загрузки в зимнее время года во время снижения расхода СВ или их полного отсутствия. Кроме того, строительные конструкции биофильтров имеют меньший запас прочности и в сравнении с аэротенками изнашиваются быстрее.

Таким образом, если аэротенки, даже с длительным сроком эксплуатации, во многих случаях возможно реконструировать с восстановлением их строительных

конструкций и применением современных технологий, позволяющих осуществлять очистку СВ до нормативных требований, то в случае с биофильтрами такая возможность, к сожалению, отсутствует.

В результате физической и «технологической» изношенности биофильтров очистные сооружения многих малых населенных пунктов находятся в аварийном состоянии и способны осуществлять либо только механическую очистку СВ, либо механическую и неполную биологическую. Перечень некоторых малых очистных сооружений Донбасса с биофильтрами с указанием их технического состояния приведен в таблице 1.

Из приведенного в таблице 1 небольшого списка малых КОС с биофильтрами виден тот факт, что большая их часть находится в аварийном состоянии. В сложившейся ситуации обеспечение нормативного качества очистки сточных вод возможно двумя путями:

- строительством новых очистных сооружений;
- реконструкцией имеющихся КОС.

В каждом конкретном случае принятие решения должно осуществляться на основании анализа ситуации и технико-экономического сравнения различных вариантов. Однако, в условиях сложной экономической ситуации очевидно, что там, где это возможно, проведение реконструкции более рационально.

Таблица 1.

**Перечень некоторых малых очистных сооружений Донбасса с биофильтрами с указанием их технического состояния**

№ пп	Наименование КОС	Год ввода в эксплуатацию	Производительность, м <sup>3</sup> /сут		Техническое состояние КОС
			Проект.	Факт.	
1	пгт. Новоамвросиевское	1953	900	220	Аварийное. Осуществляется только механическая очистка.
2	пгт. Новотроицкое	1971	3000	400	Аварийное. Осуществляется только механическая очистка.
3	пгт. Мирное	1974	350	50	Аварийное. Очистка отсутствует.
4	пгт. Гольмовский	1980	2800	350	Удовлетворительное. Осуществляется неполная биологическая очистка.
5	г. Белицкое	1971	5800	600	Аварийное. Осуществляется только механическая очистка.
6	п. Верхняя Андреевка	1957	200	50	Состояние удовлетворительное.
7	пгт. Нижняя Крынка	1962	4200	200	Аварийное. Осуществляется только механическая очистка.
8	п. ш-ты «Объединенная»	1954	2000	50	Аварийное. Очистка отсутствует.
9	п. Клебан-Бык	1958	100	50	Аварийное. Очистка отсутствует.
10	п. Донецкое	1954	200	40	Полуаварийное. Осуществляется неполная биологическая очистка.

**Целью** данной работы является анализ имеющегося опыта реконструкции малых канализационных очистных сооружений и выбор рациональной технологической схемы их модернизации.

### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Разработка рациональной технологической схемы реконструкции малых КОС выполнена на примере очистной станции пгт. Нижняя Крынка. Данные очистные сооружения выбраны для этой цели, поскольку их существующая технология и техническое состояние являются типичными для малых КОС Донбасса.

Очистка СВ на КОС пгт. Нижняя Крынка по проекту строительства предусмотрена в следующей последовательности: решетки с ручной очисткой, песколовка трехсекционная с ручным удалением песка, двухъярусные отстойники, капельные биофильтры со щелебной загрузкой и спринклерной системой орошения, вторичные вертикальные отстойники, контактный резервуар (рис. 1). Кроме того, для доочистки СВ после вторичных отстойников был достроен блок биологической доочистки с «ершовой» загрузкой. Для обезвоживания сброженного осадка двухъярусных

отстойников и отмершей биопленки предусмотрены иловые площадки (блок доочистки и иловые площадки на рис. 1 не показаны).

Проектная производительность КОС пгт. Нижняя Крынка – 4200 м<sup>3</sup>/сут. Фактическое количество поступающих сточных вод – около 200 м<sup>3</sup>/сут. Отведение очищенных СВ предусмотрено в р. Крынка.

Описанная технологическая схема КОС пгт. Нижняя Крынка типична для многих малых очистных сооружений Донбасса.

Техническое состояние КОС следующее. Сооружения механической очистки (решетки, песколовки, двухъярусные отстойники) имеют разрушения, однако, процесс очистки в них осуществляется. Биофильтры в аварийном состоянии: системы дозирующих бачков и спринклерные системы орошения полностью разрушены. Вторичные отстойники также получили разрушения, однако, могут быть восстановлены. Блок доочистки в аварийном состоянии: система аэрации и «ершовая» загрузка отсутствуют.

Вследствие описанного технического состояния на КОС осуществляется только механическая очистка СВ. Качество СВ на входе и выходе КОС пгт. Нижняя

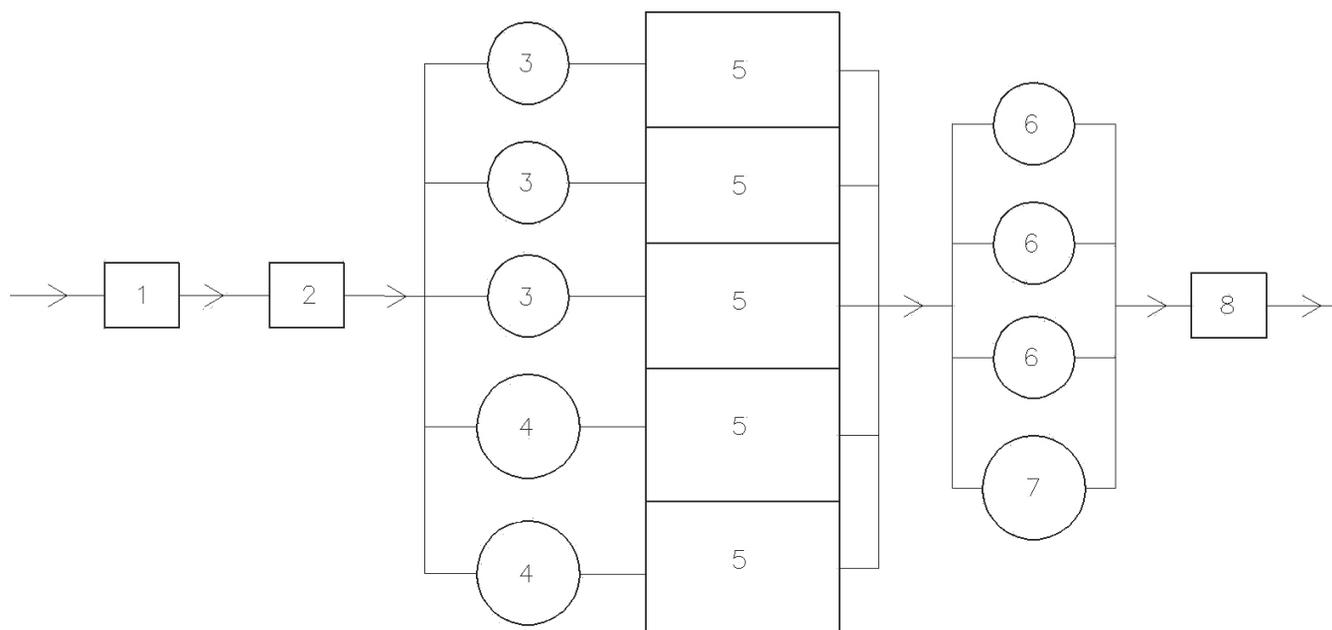


Рис. 1. Существующая технологическая схема КОС пгт. Нижняя Крынка

1 – решетка с ручной очисткой; 2 – песколовка трехсекционная; 3 – двухъярусные отстойники  $D = 7$  м; 4 – двухъярусные отстойники  $D = 10$  м; 5 – биофильтры; 6 – вторичные вертикальные отстойники  $D = 5$  м; 7 – вторичный отстойник  $D = 9$  м; 8 – контактный резервуар

Крынка приведено в таблице 2. Благодаря механической очистке взвешенные вещества снижаются в среднем на 51 %, БПК<sub>5</sub> – на 25 % и ХПК – на 30 %. По азоту аммонийному и фосфатам очистка практически не производится. По основным показателям качество очищенных СВ значительно превышает предельно-допустимые концентрации.

Для обеспечения нормативного качества очистки СВ на КОС необходимо прежде всего осуществление

биологической очистки. Восстановление капельных биофильтров для этого нецелесообразно ввиду описанных ранее недостатков данных сооружений. С целью обеспечения биологической очистки в этой ситуации более рациональным вариантом является реконструкция имеющихся емкостных сооружений в биореакторы по типу аэротенков. Наибольшими емкостными сооружениями на очистной станции являются двухъярусные отстойники.

Таблица 2.

Качество СВ на входе и выходе КОС пгт. Нижняя Крынка за 2021 г.

Показатель	Ед. изм.	Значение на входе			Значение на выходе			ПДК
		Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.	
рН	ед.	7,8	7,5	8,1	7,9	7,7	8,3	6,5-8,5
БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	202	173	251	152	135	176	15
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	212	183	256	104	89	125	15
ХПК	мгО/дм <sup>3</sup>	431	356	480	302	249	336	45
Азот аммонийный	мг/дм <sup>3</sup>	55	46	73	53	43	69	2
Фосфаты	мг/дм <sup>3</sup>	17	12	20	14	11	17	3,5
Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	364	337	393	360	332	405	400
Нитриты	мг/дм <sup>3</sup>	0,18	отс.	0,25	0,21	отс.	0,27	3,3
Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	0,9	отс.	1,5	1,2	отс.	1,8	45
Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	157	150	163	152	145	160	300
Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	1110	1090	1150	1050	1010	1130	1200
Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	1,0	0,9	1,5	0,9	0,8	1,5	0,3
СПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	1,2	0,8	1,6	1,2	0,7	1,7	0,4
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,9	0,7	1,3	0,8	0,6	1,3	0,3
Коли-индекс	КОЕ/дм <sup>3</sup>	6·10 <sup>6</sup>	3·10 <sup>5</sup>	5·10 <sup>7</sup>	3·10 <sup>5</sup>	4·10 <sup>4</sup>	8·10 <sup>7</sup>	1000
Индекс коли-фага	БОЕ/дм <sup>3</sup>	4·10 <sup>5</sup>	5·10 <sup>4</sup>	7·10 <sup>6</sup>	8·10 <sup>4</sup>	2·10 <sup>4</sup>	5·10 <sup>6</sup>	1000

К настоящему времени разработаны различные варианты реконструкции двухъярусных отстойников в аэротенки-отстойники, с помощью которых в сооружении возможно осуществление биологической очистки как от органических веществ, так и от соединений азота, а также отстаивание иловой смеси.

Эффективная технология одноиловой нитрификации-денитрификации с затопленной эрлифтной системой аэрации была разработана на кафедре «Водоснабжения и водоотведения» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры докт. техн. наук В. И. Нездойминовым [3]. Данная технология в частности была реализована при реконструкции двухъярусных отстойников в аэротенки-отстойники на КОС пгт. Новый Свет. Схема реконструкции двухъярусных отстойников заключается в том, что их септическая часть переоборудуется в биореактор со свободноплавающим активным илом, в котором, благодаря затопленной эрлифтной системе аэрации, иловая смесь циркулирует по объему биореактора и последовательно проходит через зоны с высоким содержанием растворенного кислорода (аэробные условия), пониженным (переходные условия) и низким (аноксидные условия) (рис. 2). Чередование зон в условиях низких нагрузок по БПК ( $0,15-0,2 \text{ мгБПК}_{\text{полн}}/(\text{г Ч час})$ ) позволяет осуществлять в биореакторе процессы нитрификации-денитрификации и производить эффективную биологическую очистку СВ от соединений азота [3]. Разделение иловой смеси происходит в осадочных желобах отстойников. На выход аэротенка-отстойника поступает биологически очищенная СВ.

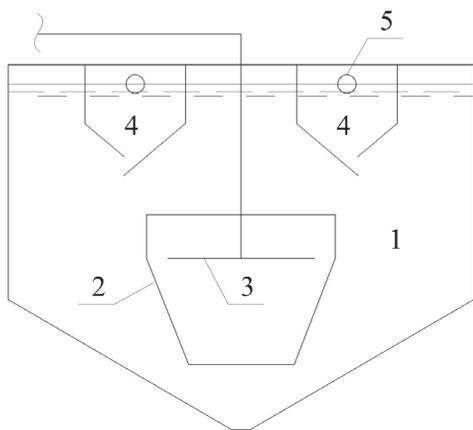


Рис. 2. Схема реконструкции двухъярусного отстойника в аэротенк-отстойник по технологии д.т.н., проф. В. И. Нездойминова

1 – зона биологической очистки; 2 – аэрационная колонна; 3 – система аэрации; 4 – отстойные желоба; 5 – водосборные трубы

Похожая схема реконструкции двухъярусных отстойников в аэротенки-отстойники была разработана специалистами бывшего ГОКП «Донецкоблводоканал». Для рециркуляции иловой смеси в данной схеме вместо затопленной эрлифтной системы аэрации предусмотрены эрлифты-аэраторы, перекачивающие оседающий активный ил из конической части отстойников в верхнюю зону. Для создания аэробной зоны в верхней части отстойников примерно на

середине глубины отстойников монтируется система аэрации. Кроме того, для предотвращения образования застойных зон в конусной части отстойников предусмотрена набетонка днища с увеличением угла наклона с  $30$  до  $50^\circ$  (рис. 3). Отстойные желоба используются для илоразделения. Для отвода очищенной воды в верхней части желобов по всей длине монтируются перфорированные водосборные трубы. Регулируя подачу воздуха в систему аэрации и производительность эрлифтов, можно создавать необходимые кислородные условия в объеме биореакторов для протекания нитрификации-денитрификации. Недостатком данной схемы реконструкции является необходимость набетонки днища, которая приводит к снижению полезного объема биореактора. Разработанная схема была применена при реконструкции КОС п. Владимировка Волновахского района и показала достаточную эффективность. Однако при эксплуатации объекта выявились проблемы с работой осадочных желобов, из которых при хорошем иловом индексе ( $110-130 \text{ мл/г}$ ) наблюдался повышенный вынос активного ила. Для устранения данного недостатка и улучшения процесса илоотделения в осадочных желобах рекомендуется установка дополнительных перфорированных труб внутри желобов непосредственно над продольной щелью. В установленные трубы будет поступать активный ил и эрлифтами перекачиваться в зону биореактора, что снизит уровень взвешенного слоя ила в желобах, увеличит глубину защитного слоя и снизит вынос хлопьев ила с очищенной водой.

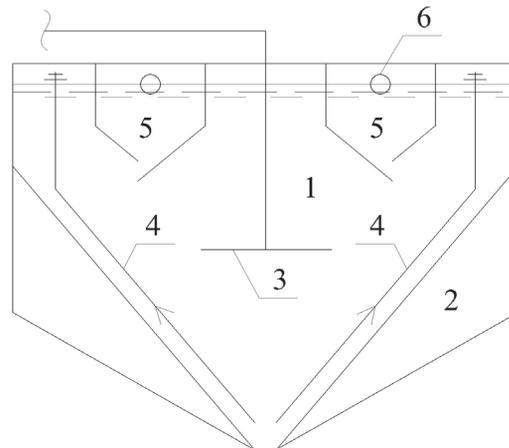


Рис. 3. Схема реконструкции двухъярусного отстойника в аэротенк-отстойник по технологии, разработанной специалистами ГОКП «Донецкоблводоканал»

1 – зона биологической очистки; 2 – набетонка днища; 3 – система аэрации; 4 – эрлифты-аэраторы циркулирующего ила; 5 – отстойные желоба; 6 – водосборные трубы

Интересная схема реконструкции двухъярусных отстойников в аэротенки-отстойники с применением прикрепленной биомассы была разработана А. А. Словцовым [4]. По данной технологии в отстойнике перегородками выделяются две зоны денитрификации, в которых устанавливаются контейнеры с насадками для микроорганизмов (рис. 4).

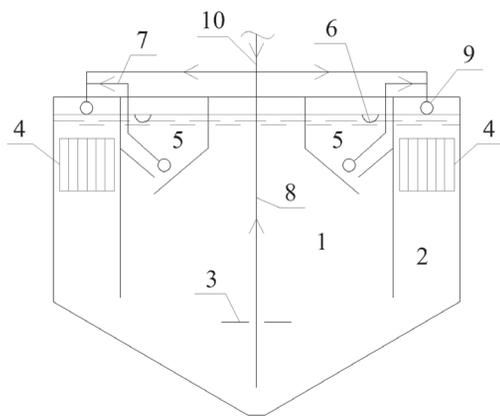


Рис. 4. Схема реконструкции двухъярусного отстойника в аэротенк-отстойник по технологии, разработанной А. А. Словоцким

- 1 – зона нитрификации; 2 – зона денитрификации;  
3 – система аэрации; 4 – насадки; 5 – отстойные желоба;  
6 – водосборные лотки; 7 – эрлифты перекачивания осевшего ила из осадочных желобов;  
8 – эрлифт циркулирующего активного ила;  
9 – распределительная труба иловой смеси;  
10 – подача сточных вод

Исходные СВ подаются в две зоны денитрификации, выливаются через распределительные трубы, протекают через загрузку с прикрепленной биомассой и поступают в зону нитрификации. Из зоны нитрификации циркулирующий активный ил перекачивается и смешивается со СВ. Для улучшения эффективности работы илоотделителей, выше продольной щели осадочных желобов устанавливаются перфорированные илосборные трубы, из которых оседающий ил перекачивается в зону денитрификации. В результате испытаний данных аэротенков-отстойников они показали достаточную эффективность очистки по БПК и группе азота [4].

Из перечисленных трех вариантов реконструкции двухъярусных отстойников наиболее рациональной применительно к очистной станции пгт. Нижняя Крынка выглядит первый вариант с одноиловой затопленной эрлифтной системой аэрации. Данный вариант требует меньших капитальных затрат по сравнению со вторым и третьим. Во втором варианте, несмотря на его простоту, необходима набетонка, приводящая к снижению рабочего объема. В третьем варианте сомнительным моментом являются узлы с загрузкой для прикрепленной биомассы в зоне денитрификации. Учитывая, что в зоне денитрификации отсутствует аэрация, загрузка может заилиться и превратится в сплошную анаэробную зону. Кроме того, есть риск образования застойных зон на днище аэротенка-отстойника в пристеночном пространстве.

Таким образом, для переоборудования двухъярусных отстойников выбран первый вариант реконструкции с устройством затопленной эрлифтной системой аэрации. На КОС пгт. Нижняя Крынка предусмотрена реконструкция двух двухъярусных отстойников  $D = 7\text{ м}$ . Объем зон аэрации двух аэротенков-отстойников составляет около  $260\text{ м}^3$ , время аэрации – 31 час, нагрузка на ил – в среднем  $111\text{ мгБПК}_5/(\text{г} \times \text{сут})$ . При данной нагрузке будет обеспечено окисление органи-

ческих веществ и нитрификация азота аммонийного до  $2\text{ мг/л}$ . В аноксидных зонах будет происходить процесс денитрификации. Суммарный объем зон отстаивания –  $40\text{ м}^3$ , время отстаивания – около 2 часов, нагрузка на поверхность воды в отстойниках – около  $0,5\text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$ . Для предотвращения выноса ила из отстойных желобов, в них дополнительно предусматриваются илосборные трубы, из которых оседающий ил будет перекачиваться эрлифтами в зону аэрации (как это показано на рис. 4). Два аэротенка-отстойника обеспечат снижение БПК и соединений азота до нормативных требований.

Удаление фосфатов из сточных вод до нормативных требований биологическим способом в данном случае не представляется возможным. Во-первых, выделить в аэротенках-отстойниках дополнительную анаэробную зону конструктивно весьма проблематично. Во-вторых, для удаления фосфора необходимо большое количество органических веществ: на  $1\text{ мг}$  фосфора –  $40\text{--}60\text{ мгБПК}_{\text{полн}}$  [5;6]. БПК исходной сточной воды может быть недостаточным для обеспечения процессов денитрификации и дефосфатации.

В данных условиях с целью удаления фосфора целесообразно применить реагентный способ, основанный на добавлении в СВ коагулянтов, образующих с фосфатами нерастворимые комплексы, и последующем удалении взвесей.

Исходное содержание фосфора фосфатов в сточной воде –  $5,6\text{ мг/л}$ , нормативная концентрация в очищенной воде –  $1\text{ мг/л}$ . В процессе биологической очистки вместе с избыточной биомассой удалится примерно  $2,5\text{ мг/л}$  фосфора, т. е. его содержание в СВ после аэротенков-отстойников составит примерно  $3,1\text{ мг/л}$ . В качестве осадителя целесообразно использовать соли железа (II), например,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Данный выбор обоснован тем, что после добавления коагулянта СВ будут поступать на доочистку во вторичные вертикальные отстойники, переоборудованные в аэротенки-отстойники второй ступени. В зоне аэрации аэротенков-отстойников будет происходить биологическая доочистка СВ сообществом прикрепленных и плавающих микроорганизмов, а также окисление  $\text{Fe}^{2+}$  в  $\text{Fe}^{3+}$  и связывание фосфатов в нерастворимые комплексы, а в зоне отстаивания – осаждение свободноплавающих хлопьев ила, скоагулированной взвеси и нерастворимых фосфатов.

При использовании  $\text{Fe}^{2+}$  в качестве коагулянта при одновременном осаждении для достижения конечной концентрации фосфора  $0,5\text{--}1\text{ мг/л}$  рекомендуемое молярное соотношение  $\text{Fe}^{2+}/\text{P}$  составляет  $1,5$  [7;8], т. е. для удаления  $1\text{ г}$  фосфора необходимо  $2,71\text{ г}$  железа. При исходной концентрации фосфора в СВ после аэротенков-отстойников 1-й ступени  $3,1\text{ мг/л}$ , доза  $\text{Fe}^{2+}$  составит  $8,4\text{ мг/л}$ . Доза сернокислого железа (II) по  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  –  $12\text{ мг/л}$  – не превышает критического для активного ила значения –  $25\text{ мг/л}$  [8]. Соответственно, введение коагулянта не окажет ингибирующего воздействия на микробиоценоз иловой системы аэротенков-отстойников 2-й ступени.

При значительном снижении pH и щелочности СВ вследствие введения сернокислого железа (II) для их корректировки можно добавлять  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  [7].

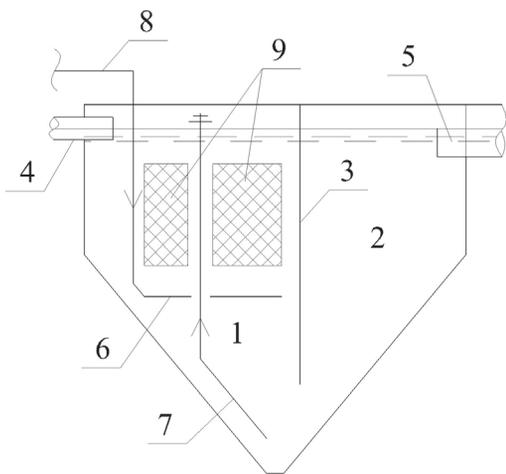


Рис. 5. Схема реконструкции вертикального отстойника в аэротенк-отстойник

- 1 – зона аэрации; 2 – зона отстаивания;  
3 – перегородка; 4 – подача сточных вод;  
5 – отвод очищенной воды; 6 – система аэрации;  
7 – эрлифты-аэраторы перекачивания оседающего активного ила;  
8 – подача воздуха; 9 – загрузка для прикрепления биомассы

Схема реконструкции вторичных вертикальных отстойников в аэротенки-отстойники изображена на рис. 5. Вторичный отстойник перегородкой разделяется на две части: зону аэрации и зону отстаивания. СВ поступают в зону аэрации, в которой размещаются блоки с загрузкой для прикрепленной биомассы. Под загрузкой устанавливается система аэрации. Свободноплавающий активный ил, оседающий в конусной части зоны аэрации, перекачивается эрлифтом-аэратором в верхнюю часть зоны аэрации. Через пространство под перегородкой иловая смесь поступает в зону отстаивания и движется снизу-вверх, при этом частицы ила оседают и образуется взвешенный слой ила. Очищенная вода поступает в водосборный лоток и подается на обеззараживание. Избыточная масса ила и нерастворенные соединения фосфора из конусной части аэротенка-отстойника удаляются через иловый стояк (на рис. 5 не показан) и направляются на иловые площадки для обезвоживания.

По описанной технологии на КОС пгт. Нижняя Крынка предусматривается реконструкция двух вторичных вертикальных отстойников ( $D = 5\text{ м}$ ) в аэротенки-отстойники 2-й ступени. Общее время аэрации в них составит около 3,5 часов, отстаивания – 2 часа.

В осадке аэротенков-отстойников 2-й ступени будет повышенная концентрация железа и такой осадок не подойдет для утилизации в качестве удобрений либо почвогрунтов. После подсушивания его необходимо вывозить на захоронение или ликвидацию.

Обезвоживание избыточного ила аэротенков-отстойников 1-й ступени предусматривается на отдельных иловых площадках. Содержание тяжелых металлов в сухом веществе избыточного ила аэротенков-отстойников 1-й ступени, исходя из результатов анализов сброженного осадка КОС пгт. Нижняя Крынка, будет соответствовать требованиям, предъявляемым к осадкам СВ, используемым в качестве органических удобрений [9]. После длительной выдержки на иловых площадках, стабилизации и снижения патогенной микрофлоры такой осадок может быть использован как органическое удобрение [10].

Аэротенки-отстойники 2-й ступени обеспечат глубокую биологическую доочистку сточных вод и одновременное химическое удаление фосфора.

Обеззараживание доочищенной СВ можно предусмотреть с помощью УФ-установок, т. к. содержание взвешенных веществ в обеззараживаемой воде составит не более 10 мг/л. УФ-обеззараживание на сегодняшний день является основной альтернативой хлорированию. Нормы проектирования предписывают осуществлять обеззараживания очищенных СВ в первую очередь УФ-излучением [11]. Данный способ обеззараживания экологически безопасный т. к. не приводит к образованию побочных токсичных и канцерогенных веществ, в отличие от хлорирования.

Общая технологическая схема очистки СВ на КОС пгт. Нижняя Крынка после их реконструкции приведена на рис. 6.

Реализация предлагаемой технологической схемы реконструкции КОС пгт. Нижняя Крынка позволит обеспечивать очистку и обеззараживание СВ до нормативных требований. Прогнозируемое качество очистки СВ по основным показателям после осуществления реконструкции КОС приведено в таблице 3.

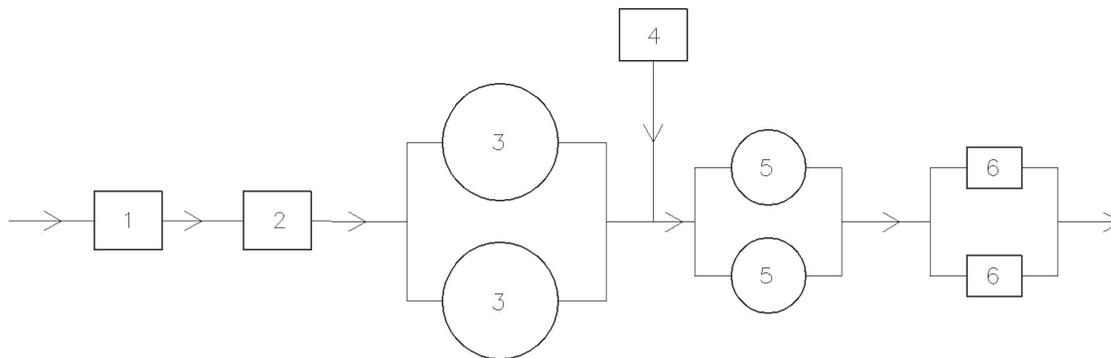


Рис. 6. Технологическая схема КОС пгт. Нижняя Крынка после их реконструкции

- 1 – решетка с ручной очисткой; 2 – песколовка трехсекционная; 3 – аэротенки-отстойники 1-й ступени (реконструированные двухъярусные отстойники  $D = 7\text{ м}$ ); 4 – блок приготовления и дозирования раствора коагулянта; 5 – аэротенки-отстойники 2-й ступени (реконструированные вторичные вертикальные отстойники  $D = 5\text{ м}$ ); 6 – установки УФ-обеззараживания

Прогнозируемое качество очистки СВ на КОС пгт. Нижняя Крынка  
после их реконструкции по предлагаемой схеме

Показатель	БПК5	Взвеш. в-ва	ХПК	Азот ам-мон.	Фос-фа-ты	Нитри-ты	Нитра-ты	Железо общ.	Коли-индекс	Коли-фаги
Ед. изм.	мгО <sub>2</sub> /л	мг/л	мгО/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	КОЕ/л	БОЕ/л
Прогноз. значение	3-8	6-9	25-40	0,4-1	1,5-3,3	0,3-3	35-45	0,25-0,3	500-1000	300-1000
ПДК	15	15	45	2	3,5	3,3	45	0,3	1000	1000

### ВЫВОДЫ

Разработана рациональная схема реконструкции канализационных очистных сооружений малых населенных пунктов на примере КОС пгт. Нижняя Крынка. Реализация разработанной схемы позволит с минимальными капитальными затратами обеспечить очистку сточных вод до современных нормативных требований и улучшить экологическое состояние природных водных объектов.

### Список литературы

1. Воронов, Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебник для вузов / Ю. В. Воронов, С. В. Яковлев. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
2. Соловьева, Е. А. Очистка городских сточных вод, обработка и биологическая трансформация осадка / Е. А. Соловьева, А. С. Бабенко. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2019. – 142 с.
3. Нездойминов, В. И. Одношловая нитрификация-денитрификация в биологических реакторах с затопленной эрлифтной системой аэрации : автореф. ... докт. техн. наук: 05.23.04 / Нездойминов Виктор Иванович; ДонНАСА. – Макеевка, 2012. – 37 с.
4. Словоцков, А. А. Совершенствование биологической очистки сточных вод с помощью прикрепленных биоценозов : дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.04 / Словоцков Андрей Александрович; МГСУ. – Москва, 2008. – 142 с.
5. Очистка муниципальных сточных вод с повторным использованием воды и обработанных осадков : теория и практика / Н. И. Куликов, А. Н. Ножевникова, Г. М. Зубов [и др.]; под редакцией Н. И. Куликов, А. Н. Ножевникова. – Москва : Логос, 2014. – 400 с.
6. Мишуков, Б. Г. Глубокая очистка городских сточных вод : учебное пособие / Б. Г. Мишуков, Е. А. Соловьева. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. – 180 с.
7. Хенце, М. Очистка сточных вод : пер с. англ. / Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. – Москва : Мир, 2004. – 480 с.
8. Канализация населенных мест и промышленных предприятий : справочник проектировщика / Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др.; Под общ. ред. В. Н. Самохина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
9. ГОСТ Р 54651–2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия : нац. стандарт РФ : дата введ. 2013-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2012. – 18 с.
10. ГОСТ Р 59748–2021. Технические принципы обработки осадков сточных вод. Общие требования : нац. стандарт РФ : дата введ. 2021-11-01. – Москва : Российский институт стандартизации, 2021. – 28 с.
11. СП 32.13330.2018. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНИП 2.04.03-85 [Текст]. – Взамен СП 32.13330.2012. Актуализированная редакция СНИП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. ; введ. 2019-06-26. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2019. – 76 с.