

УДК 628.3

Саинова Виктория Николаевна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: kivragtu@gmail.com

Катков Илья Сергеевич

лаборант

E-mail: ilyakat121995@gmail.com

Хунас Каси

кандидат технических наук

E-mail: hkaci@yandex.ru

Астраханский государственный технический университет

Адрес организации: 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 16

Реконструкция сооружений биологической очистки сточных вод с целью интенсификации извлечения биогенных элементов

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – рассмотреть возможные способы реконструкции сооружений биологической очистки сточных вод для интенсификации извлечения из них биогенных элементов.

Результаты. Рассмотрены современные технологии, теоретические аспекты процесса. Основные результаты исследования состоят в разработке варианта реконструкции существующих сооружений биологической очистки сточных вод, который позволит достичь высокой эффективности процесса за счет сочетания анаэробной и аэробной зон.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности совершенствования технологий глубокой очистки сточных вод для проектирования и строительства систем водоотведения. После усовершенствования эффективность очистки может достигать 90 %.

Ключевые слова: аэротенк, очистка сточных вод, сточные воды, биологическая очистка, биогенные элементы.

Введение

Наиболее эффективными на сегодняшний день способами глубокой очистки сточных вод от биогенных элементов, с точки зрения глубины, скорости процесса и ресурсосбережения являются биологические. Применяемые на практике сооружения биологической очистки позволяют удалить не более 35 % азота и фосфора, не позволяют достичь глубокой очистки от этих элементов. Поэтому скрининг способов реконструкции сооружений биологической очистки сточных вод с целью интенсификации извлечения биогенных элементов является актуальным [1-10].

Анализ существующих технологий очистки сточных вод от биогенных элементов

Соединения азота удаляются из сточных вод при осуществлении процессов двухфазового окисления в аэробных условиях и восстановления окисленных форм в анаэробных с образованием азота и газообразных оксидов. Нитрификация может быть автотрофная и гетеротрофная. В процессе денитрификации микроорганизмы используют источники энергии в анаэробных условиях.

Глубокой очистки сточных вод от биогенных элементов можно добиться двумя возможными вариантами. Первый из них заключается в использовании активного ила во взвешенном состоянии. Второй – фиксированного активного ила на каком-то носителе. Оба варианта могут осуществляться в одном или разных сооружениях. Если процессы осуществляются в разных сооружениях с промежуточными отстойниками, то на каждой стадии будет образовываться активный ил, представленный определенными микроорганизмами, приспособленными к конкретному виду загрязнений.

Сооружение для осуществления процесса денитрификации располагают в технологической схеме, в ее начале или в конце, различные схемы расположения представлены на рис. 1.

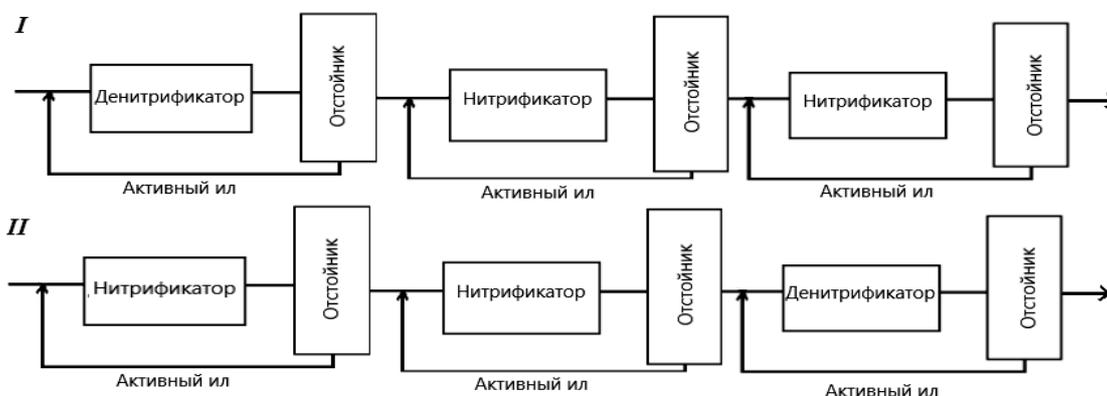


Рис. 1. Технологии очистки сточных вод с различными вариантами расположения денитрификаторов: I – в начале технологической схемы; II – в конце технологической схемы (иллюстрация авторов)

К достоинствам таких технологий относятся высокие скорости и возможная автоматизация процесса, к недостаткам – необходимость наличия дополнительного оборудования.

В комбинированных системах с использованием взвешенного ила все процессы осуществляются в одном сооружении смешанными микроорганизмами. В случае очистки концентрированных азотсодержащих сточных вод применяют несколько ступеней. В качестве недостатка комбинированных систем следует отметить, что они сложнее в эксплуатации, управлении процесса, могут выходить из строя при залповых сбросах компонентов сточных вод.

При одновременном осуществлении в одном сооружении аэрации и отделения ила, процессов, которые связаны гидравлически, создаются благоприятные условия для рециркуляции активного ила. Одновременно отпадает необходимость применения насосных станций и трубопроводов для рециркуляции.

Кроме того, глубокой очистки сточных вод от азота можно достичь в биопрудах с массовым развитием водорослей, в процессе жизнедеятельности которых происходит непосредственное потребление соединений азота из сточных вод, а также значительное снижение концентраций других остаточных загрязнений.

Анализ применяемых на сегодняшний день технологий глубокой нитрификации, денитрификации и ассимиляции фосфора, показывает возможность одновременного протекания этих процессов. Для этого необходимо поддерживать оптимальный окислительно-восстановительный потенциал. Его величина является характерной для каждого стока и условий очистки и осуществляется за счет аэрации. Оптимальное количество растворенного кислорода обычно составляет 0,1-0,5 мг/л. Интенсивность аэрации при этих значениях является недостаточной для перемешивания, поэтому используются механические способы. Так создаются условия, благоприятные для жизнедеятельности таких микроорганизмов, как факультативные аэробы и анаэробы.

Нитрификация происходит с помощью гетеротрофных и хемоавтотрофных микроорганизмов, денитрификация – микроорганизмов, ассимилирующих фосфор. При регулярной подаче воздуха создаются условия для одновременной нитри-денитрификации, в частности, биологической ассимиляции фосфора и поддержания бактерий активного ила в стационарной фазе роста. При лимитировании процесса подачи кислорода, бактерии активного ила поддерживаются в стационарной фазе роста, размножение уравновешивается процессом гибели микроорганизмов. Снижается интенсивность обменных процессов в стационарной фазе роста. Но ферментативная активность и синтез ферментов при этом не снижаются, благодаря участию в процессе,

наряду с кислородом, альтернативных акцепторов. Микроорганизмы в стационарной фазе роста характеризуются значительно большей устойчивостью к изменению pH и температуры благодаря тому, что значительная часть ила минерализована. Ферменты клеток еще долгое время остаются активными. Таким образом, процесс очистки носит ферментативный характер.

В настоящее время проблема реконструкции существующих очистных сооружений имеет целью поиск наиболее экономически выгодной и технологически надежной системы удаления биогенных элементов, перевод всех мощностей станции аэрации на очистку сточных вод с удалением биогенных элементов.

Эффективности очистки до 90 % можно достичь путем создания в сооружениях биологической очистки, наряду с аэробными, еще и аноксидных и анаэробных секций.

Это позволяет достичь эффективной очистки от соединений азота, фосфора, органических веществ, обеспечивает сокращение расхода воздуха и уменьшение прироста избыточного ила.

Аноксидные условия создаются за счет механического перемешивания, которое позволяет экономить энергию. Использование нитратов вместо молекулярного кислорода на окисление органики не только повышает эффективность процесса, но и сокращает затраты энергии.

Таким образом, данная реконструкция сооружений биологической очистки не требует больших дополнительных затрат, осуществляется при помощи установки поперечных перегородок, рециркуляции активного ила, монтажа системы аэрации, создающего определенные условия в трех секциях.

Процесс модифицируют и с целью глубокого изъятия фосфора посредством включения анаэробной зоны, создавая условия, когда активный ил последовательно проходит анаэробную и аэробную зоны. Это стимулирует развитие в нем фосфорных бактерий, относящихся к факультативным анаэробам. Одновременно с этим необходимо учитывать, что длительное пребывание активного ила в бескислородных условиях недопустимо во избежание выхода фосфора из клеток в раствор и его возврата на вход.

Устройство для очистки сточных вод от биогенных элементов

Примером такой модификации является полезная модель № 189857, 2018 г. (авторы: Саинова В.Н., Катков И.С.), которая представляет собой совершенствование очистного сооружения без анаэробной зоны: патент РФ № 120095, 2012 г (авторы: Кагарманов А.Ф., Ляченков Д.Ю., Никитина О.Г., Никитин Н.Е., Хатыпов Ш.Г.) (рис. 2).

Устройство работает следующим образом: сточная вода на первоначальном этапе проходит сетчатый фильтр 23, где происходит очищение от крупных взвесей, после этого под давлением подается в аэротенк 1 через патрубок 2, где происходит смешивание с активным илом. В анаэробной зоне вода движется через проемы, по «коридорам», образованным за счет перегородок 4, что увеличивает время очистки воды. В данной зоне без доступа кислорода при медленном перемешивании иловой смеси за счет двух погружных мешалок 5 азот нитратов восстанавливается до газообразного. После денитрификации происходит аэрация иловой смеси. Через трубу-коллектор 10 в систему аэрации 6 подается сжатый воздух от компрессора 7, который за счет напора выходит из отверстий 17 и 18 штуцеров 19, что обеспечивает очистку вод за счет смешивания ее с активным илом. В конечном итоге возникшая иловая смесь постоянно движется в сторону отстойника 8, с дальнейшим, непрерывным перетоком из аэротенка 1 в отстойник 8. В этом отстойнике 8 разделяется очищенная вода от активного ила.

Перекачка активного ила из отстойника 21 на начальный аэротенк 20 производится за счет работы элифта 9. Двигаясь по трубе эрлифта 15, активный ил попадает на начальный участок эротенка вместе с поступающими на очистку сточными водами. Здесь также из активного ила и вод получается иловая смесь, в результате цикл повторяется. Аналогичен процесс и в аэротенке 1, за исключением анаэробной зоны. Чтобы не допустить залипание ила на стенах приемка 12 отстойника 21 из перфорированных труб 14 пневмоворошителя 13 периодически осуществляет подача сжатого воздуха, благодаря чему активный ил устраняется со стен короба отстойника 21 в конический приемок 12.

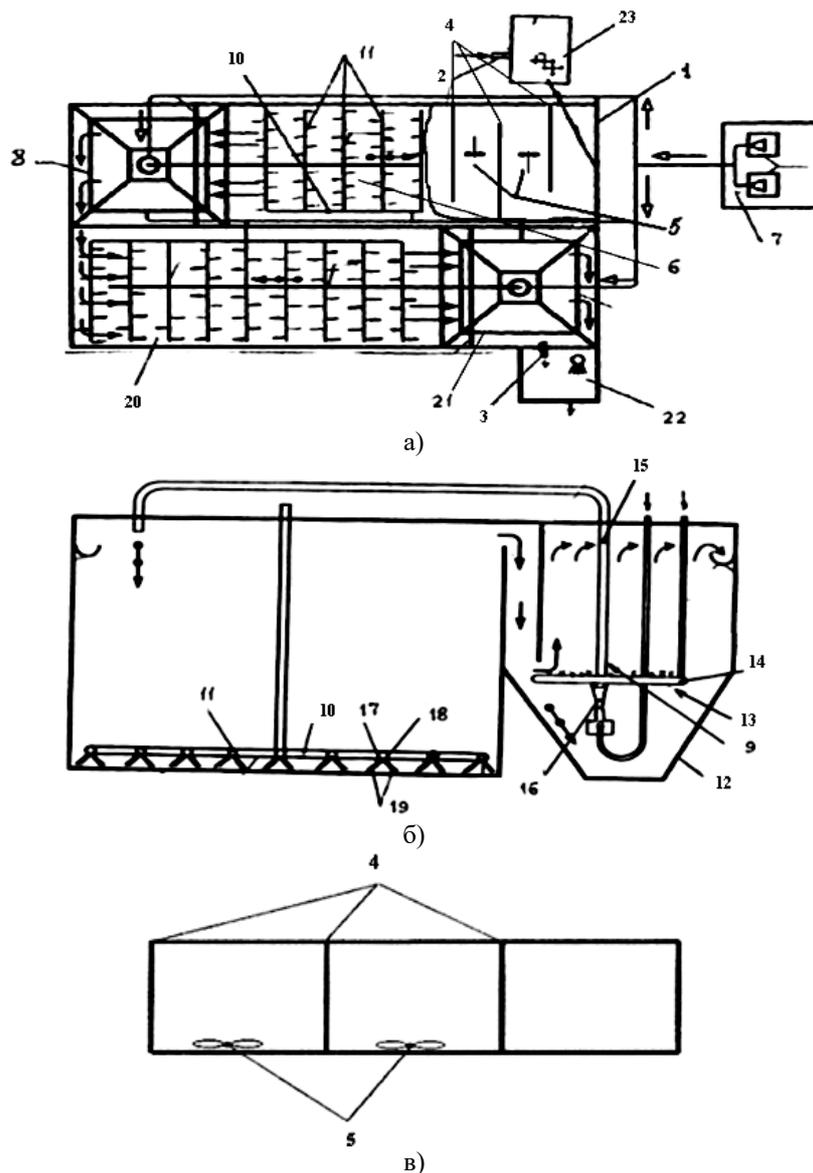


Рис. 2. Устройство для очистки сточных вод от биогенных элементов
(иллюстрация <https://www1.fips.ru/> – патент № 189857):

а) вид сверху, б) вид сбоку, в) схема расположения погружных мешалок:

- 1 – аэротенк; 2 – патрубок подвода очищаемой воды; 3 – патрубок отвода очищенной воды;
- 4 – анаэробная зона с перегородками с проемами; 5 – погружные мешалки; 6 – система аэрации;
- 7 – источник сжатого воздуха компрессором, 8 – отстойник; 9 – эрлифты; 10 – труба-коллектор;
- 11 – перфорированные трубки; 12 – конический приямок; 13 – пневмовороршитель;
- 14 – замкнутые перфорированные трубы; 15 – вертикальная труба эрлифта;
- 16 – газожидкостный эжектор; 17 – первый ряд отверстий; 18 – второй ряд отверстий;
- 19 – штуцеры; 20 – второй аэротенк; 21 – второй отстойник; 22 – узел обеззараживания;
- 23 – сетчатый фильтр

Транспортирование активного ила эрлифтом 9 из отстойника 21 производится эффективно за счет высокой скорости движения иловоздушной смеси (со скоростью от 1 до 4 м/с), что обуславливается подачей соответствующего количества воздуха в эрлифт 9. Благодаря такому подходу сохраняется жизненный цикл микроорганизмов ила благодаря предостаточному времени его нахождения в системе рециркуляции, таким же образом осуществляется процесс перекачки активного ила из отстойника 8 в аэротенк 1.

Достоинством данного устройства является высокая эффективность очистки сточных вод за счет органичного сочетания анаэробной и аэробной зоны очистки. Установка перегородок в анаэробной зоне увеличивает время очистки, однако впухание

активного ила предотвращается за счет оборудования погружными мешалками, что дает более глубокую очистку сточных вод от биогенных элементов. Процесс денитрификации по затратам энергии более экономичен. При денитрификации прирост активного ила существенно ниже, чем на стадии окисления, благодаря этому формируются лучшие условия для последующей обработки сточных вод. Усовершенствование конструкции устройства позволяет повысить эффективность и глубину очистки сточных вод.

Качественные и количественные характеристики результатов реконструкции

При помощи традиционной системы биологической очистки, которая работает в режиме нитрификации, можно достичь снижения концентраций биогенных элементов (азота и фосфора в частности) только на 60 %. После усовершенствования с использованием сочетания анаэробной и аэробной зон эффективность очистки составляет 80-90 %. Этот факт подтверждают показатели, представленные в таблице.

Таблица

Показатель	До усовершенствования		После усовершенствования	
	Исходные воды	Очищенные воды	Исходные воды	Очищенные воды
БПК, мг/л	300-450	4,5-7	300-450	2,5-3
N-NH ₄ , мг/л	15-20	7-8	15-20	1-3
P _{общ} , мг/л	3-4,5	1,5-2	3-4,5	0,3-0,5

Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволили разработать эффективный способ реконструкции сооружений биологической очистки сточных вод с целью интенсификации извлечения биогенных элементов. Его использование позволяет достичь высокой эффективности процесса за счет органичного сочетания анаэробной и аэробной зоны, установка перегородок в анаэробной зоне увеличивает время очистки, однако вспухание активного ила предотвращается за счет оборудования данной зоны погружными мешалками, что вместе дает более глубокую очистку от биогенных элементов.

Список библиографических ссылок

1. Саинова В. Н. Новые технологии и режимы процессов очистки сточных вод пищевых производств. Астрахань : АГТУ, 2012. 104 с.
2. Устройство для очистки сточных вод : пат. 189857 Рос. Федерация. № 2018142531 ; заявл. 30.11.2018 ; опубл. 06.06.2019, Бюл. № 16. 7 с.
3. Устройство для биологической очистки сточных вод : пат. 120095 Рос. Федерация. № 2012107642/05; заявл. 01.03.2012 ; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25. 5 с.
4. Kalinina O., Goryachkin S. V., Lyuri D. I., Giani L. Post-agrogenic development of vegetation, soils, and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia // Catena. 2015. V. 129. P. 18–29.
5. Долина Л. Ф. Очистка сточных вод от биогенных элементов. Днепропетровск : Континент. 2011. 198 с.
6. Jim L., Wescoat Jr. Water Resources and Sustainable Water management // International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (second Editional). 2015. P. 437–442.
7. Белова М. А., Зайцева И. И. Практические результаты биотестирования сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 1. С. 23–24.

8. Орлов В. А., Хренов К. Е., Орлов Е. В. Инженерно-технологическая реконструкция систем водоснабжения и водоотведения. М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2019. 280 с.
9. Орлов В. А. Реконструкция систем водоснабжения. М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2017. 208 с.
10. Сайнова В. Н., Катков И. С. Несколько слов об очистке сточных вод от соединений азота и фосфора // astu.org : Материалы 68-й Международной студенческой научно-технической конференции. 2018. URL: <http://astu.org/Content/Page/5833> (дата обращения: 01.10.2019).

Sainova Victoria Nikolaevna

candidate of technical sciences, associate professor

Email: kivragtu@gmail.com

Katkov Ilya Sergeevich

laboratory assistant

Email: ilyakat121995@gmail.com

Hounas Kaci

candidate of technical sciences

E-mail: hkaci@yandex.ru

Astrakhan State Technical University

The organization address: 414056, Russia, Astrakhan, Tatishchev st., 16.

**Reconstruction of biological wastewater treatment plants to intensify
the extraction of nutrients****Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to consider possible methods for the reconstruction of biological wastewater treatment plants for the intensification of nutrient elements' extraction from them.

Results. Modern technologies that are the theoretical aspects of the process are considered. The main results of the study are the development of the reconstruction option of existing biological wastewater treatment plants, which allows achieving high process efficiency due to the organic combination of anaerobic and aerobic zones.

Conclusions. The significance of the received results for the construction industry lies in the technology improvement opportunities for deep wastewater treatment for the design and construction of wastewater systems. After improvement the cleaning efficiency can reach 90 %.

Keywords: aeration tank, wastewater treatment, wastewater, biological treatment, nutrients.

References

1. Sainova V. N. New technologies and modes of wastewater treatment processes in food production. Astrakhan : ASTU, 2012. 104 p.
2. A device for wastewater treatment : Pat. 189857 Rus. Federation. № 2018142531; declared 11.30.2018 ; publ. 06.06.2019, Bull. № 16. 7 p.
3. Device for biological wastewater treatment : Pat. 120095 Rus. Federation. № 2012107642/05 ; declared 03.01.2012 ; publ. 09.10.2012, Bull. № 25. 5 p.
4. Kalinina O., Goryachkin S. V., Lyuri D. I., Giani L. Post-agrogenic development of vegetation, soils, and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia // Catena. 2015. V. 129. P. 18–29.
5. Dolina L. F. Wastewater treatment of nutrients. Dnepropetrovsk : Continent. 2011. 198 p.
6. Jim L., Wescoat Jr. Water Resources and Sustainable Water management. // International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (second Editional). 2015. P. 437–442.

7. Belova M. A., Zaitseva I. I. Practical results of wastewater biotesting // *Vodosnabjениye I sanitarnaya tehnika*. 2013. № 1. P. 23–24.
8. Orlov V. A., Khrenov K. E., Orlov E. V. Engineering and technological reconstruction of water supply and sanitation systems. M. : Izdatel'stvo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2019. 280 p.
9. Orlov V. A. Reconstruction of water supply systems. M. : Izdatel'stvo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2017. 208 p.
10. Sainova V. N., Katkov I. S. A few words about wastewater treatment from compounds of nitrogen and phosphorus // *astu.org: Materials of the 68th International Student Scientific and Technical Conference*. 2018. URL: <http://astu.org/Content/Page/5833> (reference date: 01.10. 2019).