



**ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**
Т. 8, № 2, 2017
**PNRPU BULLETIN.
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2017.2.06

УДК 628.32

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

С.М. Зверева, Л.В. Бартова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 02 февраля 2017
Принята: 15 апреля 2017
Опубликована: 30 июня 2017

Ключевые слова:

бытовые сточные воды, эффективность очистки, реконструкция, биологические очистные сооружения, взвешенные вещества, биологическое потребление кислорода (БПК), азот, фосфор, рыбохозяйственный водоем, предельно допустимые концентрации (ПДК), доочистка, зернистый фильтр

АННОТАЦИЯ

В настоящее время повсеместно функционирует множество малых населенных пунктов, отдаленных от централизованных систем водоотведения, с собственными биологическими очистными сооружениями. В последние годы в связи с ужесточением требований к сбросу сточных вод в водоемы не все действующие очистные установки могут обеспечить требуемую степень очистки. Концентрации сточных вод на выпусках в водоемы превышают предельно допустимые по нескольким показателям: БПК, содержание взвешенных веществ, концентрации соединений азота и фосфора. В связи с этим в настоящее время совершенствование технологии очистки бытовых сточных вод с небольшими расходами является весьма актуальным.

Проанализированы способы улучшения качества очистки бытовых сточных вод по проблемным компонентам. Технология развивается в двух основных направлениях: совершенствование биологической очистки и доочистка биологически очищенных сточных вод. Биотехнология является самой экологически чистой. Тем не менее ее реализация связана с дополнительными крупными энергозатратами, а также с необходимостью строгого соблюдения оптимального режима процесса, что на малых очистных установках обеспечить довольно сложно. Более рациональным решением в таких условиях является доочистка биологически очищенных сточных вод на зернистых фильтрах с предварительной обработкой коагулянтном.

Предложен вариант реконструкции канализационных очистных сооружений конкретного объекта – детского образовательного комплекса в Пермском крае. Рекомендовано существующий блок биологической очистки изменению не подвергать, для снижения концентраций примесей – предусмотреть стадию доочистки сточных вод. Блок доочистки включает в себя песчаный фильтр, а также реагентное хозяйство для приготовления раствора сернистого алюминия. Предложенная схема позволит обеспечить очистку сточных вод до ПДК сброса в рыбохозяйственный водоем.

© ПНИПУ

Зверева Светлана Михайловна – магистрант, e-mail: tina555593@mail.ru.

Бартова Людмила Васильевна – кандидат технических наук, доцент, e-mail: lbartova@mail.ru.

Svetlana M. Zvereva – Master Student, e-mail: tina555593@mail.ru.

Ludmila V. Bartova – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: lbartova@mail.ru.

DEVELOPING WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGIES FOR SMALL AGGLOMERATIONS

S.M. Zvereva, L.V. Bartova

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 02 February 2017
Accepted: 15 April 2017
Published: 30 June 2017

Keywords:

domestic wastewater, treatment efficiency, reconstruction, biological waste treatment facilities, suspended solids, biological oxygen demand (BOD), nitrogen, phosphorus, a fishery basin, maximum allowable concentrations (MAC), tertiary treatment, a granular filter

ABSTRACT

At present there is a great number of small agglomerations which are located far from centralized sewerage systems and use their own biological waste treatment facilities. In recent years the requirements to the quality of wastewater have been tightened, thus not all the available treatment plants can provide the required level of treatment. The concentrations of sewage water released into water bodies exceed the MAC levels (maximum allowable concentration) in several parameters, such as BOD (biological oxygen demand), contents of suspended solids, the concentrations of nitrogen and phosphorus compounds. Therefore the treatment technologies of domestic wastewater are of a great importance today.

We analyzed the ways enabling the improvement of the quality of domestic wastewater treatment regarding the problematic components. The technology is developing in two aspects which are the improvement of biological treatment and tertiary treatment of secondary effluents. Actually, biotechnology is supposed to be the most environmentally friendly. However, its implementation is associated with additional energy costs as well as a strict compliance with an optimal process conditions which are rather difficult to achieve at small treatment plants. The tertiary treatment of biologically treated water granular filters with a coagulant processing seems to be a more efficient solution.

A project of reconstructing the sewage treatment facilities of a particular building (the educational center for children in Perm Krai) is offered. The authors suggest providing a stage of tertiary wastewater treatment to reduce the concentrations of impurities; the existing biological treatment unit is not to be changed. The tertiary wastewater treatment unit comprises a sand filter as well as a chemical section for preparing the solution of aluminium sulphate. The proposed method will make it possible to treat the wastewater so that it complies with the MAC level and discharge this water into a fishery basin.

© PNRPU

В последние 15–20 лет в России получили развитие малые населенные пункты: коттеджные поселки, базы отдыха, детские учебно-оздоровительные центры и др. Эти объекты, как правило, отдалены от централизованных систем водоотведения; для них построены собственные канализационные очистные сооружения. В большинстве своем сооружения до настоящего времени не подверглись серьезному физическому износу и функционируют в соответствии с проектом. Проектирование, строительство и эксплуатация сооружений велись в основном исходя из требований, предъявляемых к сбросу сточных вод в водоемы культурно-бытового назначения. С 2001 г. основным документом, регламентирующим условия спуска очищенных сточных вод в водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения, является СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод». До последнего времени на большинстве очистных станций ПДК на выпуске в водоем обеспечивались, так как большая часть водоемов законодательно относилась к этой категории.

В последние годы власти многих регионов страны, в том числе Пермского края, перевели значительную часть водоемов из категории культурно-бытовых в категорию рыбохозяйственных. Основным нормативным документом, регламентирующим требования для спуска очищенных сточных вод в водоем рыбохозяйственного назначения, является приказ Росрыболовство № 20 18-01-2010 «Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

В связи с изменением категорий водоемов ужесточились требования на сброс сточных вод, поэтому фактические концентрации очищенных сточных вод стали превышать предельно

допустимые по показателям: БПК, содержание взвешенных веществ, концентрация соединений азота и фосфора. Для многих очистных станций актуальным стал вопрос реконструкции существующих сооружений. В частности, на кафедру «Теплоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение» Пермского национального исследовательского политехнического университета с этим вопросом обратилась администрация одного из детских образовательных учреждений Пермского края. Детский образовательный комплекс (ДОК) предназначен для обучения 1000 детей. Комплекс территориально изолирован от централизованной канализации и имеет свои очистные сооружения производительностью 100 м³/сут.

В таблице приведены предельно допустимые концентрации сточных вод, обычно назначаемые при сбросе в водоемы культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения, а также фактические концентрации сточных вод исследуемого объекта – ДОК.

ПДК сточных вод на выпусках в водоемы и фактические концентрации
очищенных сточных вод ДОК

MAC of wastewater to be discharged into water bodies and actual concentrations
of the treated wastewater from the educational center for children

Основные показатели состава сточных вод	Единицы измерения	ПДК на выпуске сточных вод в водоем		Фактические концентрации очищенных сточных вод ДОК
		культурно- бытового назначения	рыбохозяйственного назначения	
Содержание взвешенных веществ	мг/л	10	3	6–10
БПК ₂₀	мг/л	6	3	5–6
Азот аммонийных солей N–NH ₄ *	мг/л	2	0,39	0,4–0,5
Фосфаты	мг/л	–	0,2	1,5–2

Процесс очистки сточных вод образовательного комплекса осуществляется по следующей схеме. Сточные воды в самотечном режиме поступают в приемный резервуар, откуда погружными насосами равномерно перекачиваются на биологическую очистку в аэротенк-вытеснитель. В аэротенке предусмотрены две функциональные зоны: аноксидная и аэробная. Отделение активного ила от очищаемой воды осуществляется во вторичных вертикальных отстойниках. Циркуляционный активный ил из прямых вторичных отстойников эрлифтами постоянно подается в аноксидную зону; туда же подается водно-иловая смесь из конца аэробной зоны. Избыточный ил по мере накопления откачивается в минерализатор. Очищенные сточные воды поступают на бактерицидную установку ультрафиолетового излучения и далее направляются в водоем. Схема очистки представлена на рис. 1.

Для определения оптимального способа снижения концентраций примесей в исследуемых сточных водах был выполнен анализ литературы применительно к конкретному объекту.

Из всех примесей самое большое превышение ПДК, почти на порядок, наблюдается по соединениям фосфора (см. таблицу). Известна технология удаления соединений фосфора биологическим методом [1]. Смесь сточных вод и ила помещается попеременно в зоны с противоположными кислородными режимами. Сначала в жестких анаэробных условиях в клетках микроорганизмов создается дефицит фосфора. Затем в аэробной зоне в комфортных условиях активный ил по причине недостатка фосфора в клетках активно поглощает соединения фосфора из сточных вод.

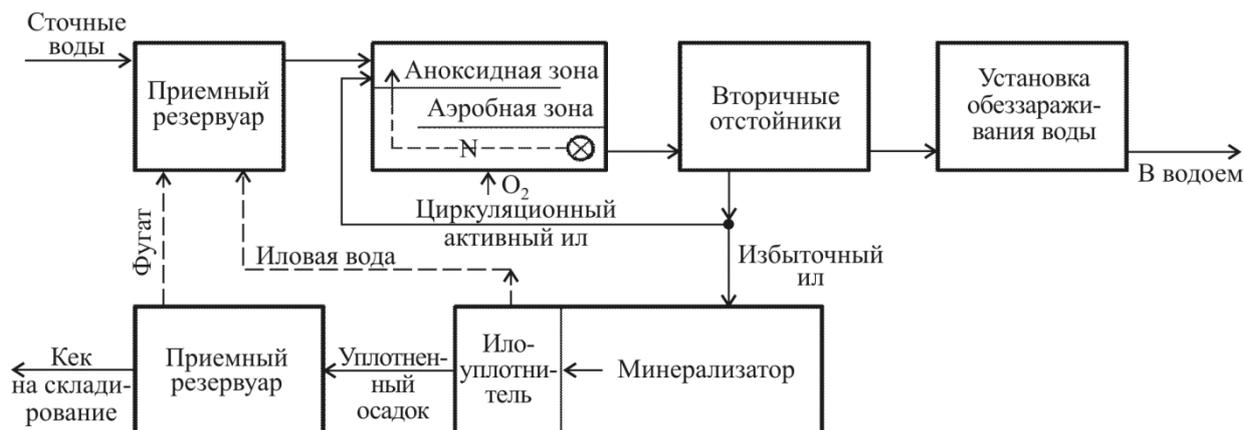


Рис. 1. Существующая схема очистки сточных вод ДОК

Fig. 1. The available wastewater treatment scheme of the educational center for children

Для удаления фосфора биологическим методом на исследуемом объекте необходимо изменить схему и состав сооружений биологической очистки. Необходимо дополнительно предусмотреть анаэробную зону и изменить схему циркуляции технологических потоков. Анаэробная зона размещается перед аноксидной и рассчитывается на двухчасовую продолжительность пребывания сточных вод в ней. Циркуляционный активный ил должен подаваться не в аноксидную, а в анаэробную зону. Принципиальная схема биологической очистки сточных вод от органических соединений, азота и фосфора представлена на рис. 2.

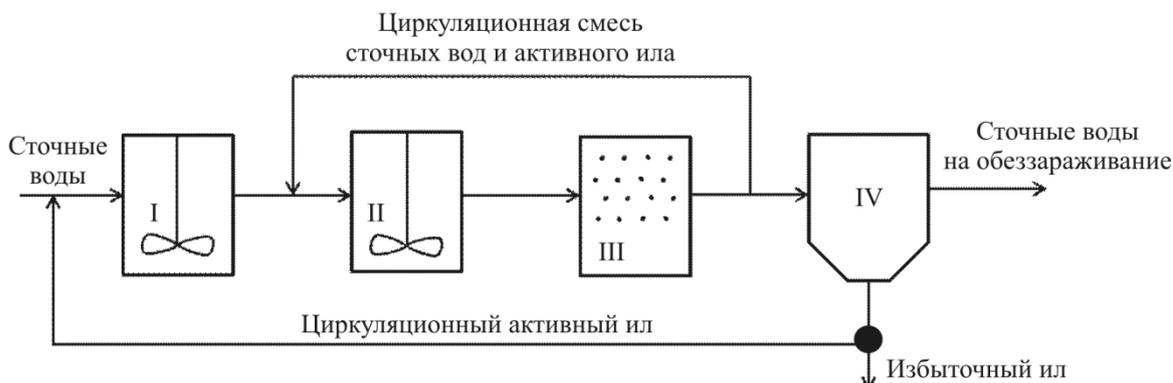


Рис. 2. Схема биологической очистки сточных вод от органических соединений, азота и фосфора:

I – анаэробная зона; II – аноксидная зона; III – аэробная зона; IV – вторичный отстойник

Fig. 2. The scheme of biological wastewater purification from organic compounds, nitrogen and phosphorus:

I is the anaerobic zone; II is the anoxic zone; III is the aerobic zone; IV is the secondary settling tank

В анаэробной зоне осуществляются аммонизация органического азота и создание дефицита фосфора в клетках активного ила. Основной процесс в аноксидной зоне – денитрификация. В аэробной зоне происходят окисление органических примесей, нитрификация, поглощение илом фосфора, а также отдув свободного азота в атмосферу. Вторичный отстойник предназначен для отделения сточных вод от ила.

Данная схема, по сравнению с действующей на объекте, при строгом соблюдении технологического режима позволит не только извлечь из сточных вод соединения фосфора, но и снизить концентрации соединений азота [1, 2]. Биологический метод извлечения фосфора характеризуется малым количеством осадка и является экологически чистым, так как исключает применение каких-либо реагентов [3, 4].

Тем не менее технология биологического извлечения фосфора распространяется в России медленно. Дело в том, что фосфорудаляющие бактерии очень чувствительны к изменениям параметров процесса. Даже при небольшом отклонении условий обработки стоков от оптимальных эти микроорганизмы погибают. Поддерживать постоянно оптимальный режим очистки довольно сложно как с технической, так и с организационной точки зрения. В частности, для удаления соединений азота оптимальным является период обмена ила 10–20 суток, соединений фосфора – 2–5 суток. Большая часть схем очистки ориентирована на удаление азота, поэтому процесс извлечения фосфора подавлен. Другой проблемой является возможная нехватка органических соединений в аэробной зоне для сбалансированного питания фосфорудаляющих бактерий. Такие условия могут сложиться при большой степени рециркуляции водно-иловой смеси. В условиях недостатка органического субстрата в аэробной зоне не добиться достаточно глубокого извлечения фосфора. На ряде очистных станций практикуют добавление в аэробную зону органических легкоокисляемых веществ, не содержащих фосфора: метанола, этанола, уксусной, лимонной или других органических кислот. Описывается, в частности, положительный опыт обогащения аэробной зоны метанолом на очистных сооружениях г. Якутска. Тем не менее данные меры не позволяют добиться требуемого снижения концентрации фосфора [1–4].

За рубежом для извлечения фосфатов, кроме биотехнологии, распространены физико-химические методы. Один из них – обработка сточных вод известью с последующим выделением осадка в отстойниках. Блок реагентной обработки включает в себя растворные баки для приготовления раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из негашеной извести CaO , камеру реакции, отстойники для выделения образовавшегося осадка $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$, а также регенератор негашеной извести CaO с целью многократного использования реагента. Метод обеспечивает глубокое удаление соединений фосфора. В то же время он имеет ряд серьезных недостатков: значительный расход извести, несмотря на ее повторное использование; большой объем химического осадка; образование прочных кристаллических отложений в трубах, арматуре и оборудовании блока физико-химической очистки, сложность и высокую стоимость регенератора извести. Схема оправдывает себя только в особых условиях, когда сбрасываемые в водоем сточные воды должны быть чище, чем вода рыбохозяйственного водоема. Сооружения глубокой очистки работают, в частности, в США, штате Калифорния, сброс сточных вод производится в озеро Тахо [3, 4].

Традиционным способом доочистки биологически очищенных сточных вод от остаточных концентраций соединений фосфора, а также взвешенных веществ и органических соединений как в России, так и за рубежом является фильтрование с предварительной обработкой сточных вод реагентами – коагулянтами [5–7]. Загрузка фильтров обычно состоит из песка и/или антрацита. Ввод коагулянта необходим для перевода соединений фосфора из растворенной формы в нерастворимые соли.

В проектах прошлых лет смешение сточных вод с растворами коагулянтов производилось в смесителях гидравлического типа. Для проведения реакций образования нерастворимых соединений фосфора и хлопков коагулянта предназначались камеры хлопьеобразования, для выделения образовавшегося осадка – третичные отстойники. Зернистые фильтры являлись последним и основным сооружением в цепочке доочистки. Схема представлена на рис. 3.

Опыт эксплуатации сооружений, работающих по такой схеме, показал, что включение в схему камер хлопьеобразования и третичных отстойников позволяет снизить нагрузку на песчаные фильтры и несколько увеличить эффект доочистки сточных вод. Тем не менее

применение данных сооружений в несколько раз увеличивает капитальные и эксплуатационные затраты, поэтому сейчас в проекты они включаются редко. Проектировщики и эксплуатационники предпочитают несколько уменьшить рабочий цикл зернистого фильтра, увеличив количество промывок в сутки [5].



Рис. 3. Блок доочистки сточных вод с камерами хлопьеобразования и третичными отстойниками

Fig. 3. The tertiary wastewater treatment unit comprising flocculation tanks and tertiary sedimentation basins

На ряде очистных станций в России и за рубежом, в частности в Германии, для удаления фосфора из сточных вод практикуют дробный ввод коагулянта. Первую порцию подают перед первичными отстойниками, если они есть в схеме. Если схема работает без первичного осветления, ввод реагента осуществляется в денитрификатор, тогда осадок выделяется во вторичных отстойниках. На первой стадии обработки применяют сульфаты алюминия или железа. Вторая порция раствора реагента вводится в сточные воды уже на стадии доочистки, перед зернистыми фильтрами. Здесь в качестве реагента рекомендуется применять хлорное железо или оксихлорид алюминия. Такая технология внедрена, в частности, на очистных сооружениях канализации в г. Зеленограде, Южное Бутово (Московская область, РФ). Технология позволяет достичь высокой степени очистки стоков по фосфору – 0,2 мг/л. Недостатками метода являются обрастание аэраторов и другого оборудования кристаллами ортофосфорной кислоты, увеличение удельного расхода воздуха, необходимого для поддержания во взвешенном состоянии частиц ила, утяжеленных кристаллами реагента, увеличение массы и объема избыточного ила [7].

Если к очищенной воде предъявляются требования выше, чем для сброса в рыбохозяйственный водоем, то после зернистых фильтров стоки проходят угольные фильтры. Они предназначены для извлечения из сточной жидкости остатка взвешенных и растворенных органических веществ. На эти фильтры должна подаваться вода с концентрацией взвешенных веществ не более 3 мг/л, иначе угольная загрузка будет быстро забиваться. Активированный уголь как реагент для очистки сточных вод характеризуется высокой стоимостью. Даже если каждый раз отработанный загрузка не будет просто заменяться новой, а будет предусмотрена ее регенерация (термическая или химическая), все равно доочистка на угольных фильтрах – очень дорогостоящий процесс. Именно поэтому, как отмечают исследователи, угольные фильтры целесообразны только на стадии глубокой очистки при особых требованиях к очищенной воде: БПК ≤ 1 мг/л, концентрация взвешенных веществ $C_{взв} \leq 1$ мг/л [8].

Основным, общепризнанным методом извлечения иона аммония является биологическая очистка [9–12]. Схемы представлены на рис. 1, 2. Уменьшение содержания в очищенных водах соединений азота, а также взвешенных веществ и БПК может быть достигнуто увеличением продолжительности их биологической обработки. Тем не менее экспериментальные исследования показывают, что для снижения концентрации аммонийного азота с 2 до 0,39 мг/л и величины БПК с 6 до 3 мг/л необходимо увеличить продолжительность аэрации в 2–3 раза (с 24 до 50–80 ч). Это связано с большими затратами электроэнергии и экономически нецелесообразно [9, 11].

Исследователями предлагаются и другие интересные методы извлечения азота. Один из них – превращение растворенного гидрата окиси аммония $\text{NH}_4(\text{OH})$ в газ аммиак NH_3 и воду H_2O продувкой воздухом в градирне. Кроме градирни, оборудованной механической мешалкой, необходимы компрессоры для принудительной подачи воздуха в нее и реактор для разложения образовавшегося аммиака. Опыт эксплуатации данного оборудования показал, что, несмотря на его сложность и дороговизну, требуемая степень извлечения аммонийного азота не обеспечивается [13].

Обзор литературы и анализ работы существующих очистных станций показывают, что технология очистки бытовых сточных вод развивается по двум основным направлениям:

- совершенствование метода биологической очистки, в основном с целью извлечения соединений фосфора [2, 3, 10, 12];
- доочистка на зернистых фильтрах с предварительной обработкой коагулянтами, позволяющая снизить концентрации всех проблемных примесей [3, 5, 16].

Представляется, что для малых очистных станций целесообразна доочистка. Это более простой и надежный в эксплуатации метод. При малых расходах сточных вод количество образующего осадка невелико. В составе осадка отсутствуют производственные примеси, поэтому депонирование не составляет проблемы. Технология не противоречит отечественным нормативам: СП 32.13330.2012 допускает не применять биологический метод удаления фосфора при количестве жителей на объекте до 50 тысяч человек [14, 15]. Схема доочистки сточных вод на зернистых фильтрах с предварительной обработкой коагулянтом представлена на рис. 4.

Биологически очищенные сточные воды собираются в накопителе, откуда насосом транспортируются в емкость – гаситель напора. Емкость также служит для равномерного распределения сточных вод по отдельным фильтрам. Реагентное хозяйство включает в себя растворно-расходные баки, оборудованные мешалками, и насосы для дозирования раствора сернокислого алюминия. Раствор подается непрерывно в напорный трубопровод. Смешение сточных вод с коагулянтом осуществляется в трубопроводе за счет установки шайбы-смесителя, а также в камере гашения напора. Образование хлопьев происходит в слое сточных вод над поверхностью фильтрующей загрузки, задержание взвешенных веществ – в фильтрующем слое песка крупностью 0,6–0,8 мм. Метод контактной коагуляции в зернистом фильтре достаточно эффективен для доочистки сточных вод от соединений фосфора, от остатка взвешенных веществ и для снижения величины БПК.

Для исследуемых очистных сооружений детского образовательного комплекса предложен следующий вариант реконструкции: блок биологической очистки изменениям не подвергать, для снижения остаточных концентраций примесей запроектировать блок доочистки. Схема очистки сточных вод ДОК после реконструкции представлена на рис. 5.

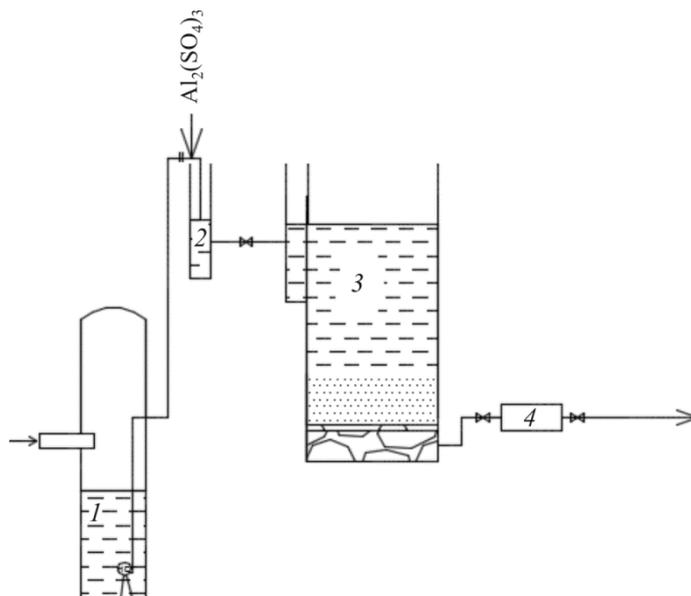


Рис. 4. Доочистка сточных вод на зернистых фильтрах с предварительной обработкой коагулянтom: 1 – приемный резервуар блока доочистки; 2 – распределительная чаша; 3 – фильтр доочистки; 4 – лампа ультрафиолетового обеззараживания доочищенных сточных вод

Fig. 4. Tertiary wastewater treatment using granular filters with preliminary processing by a coagulant: 1 is the receiving tank of the tertiary block; 2 is the junction bowl; 3 is the filter of tertiary treatment; 4 is the lamp of the ultraviolet disinfection of the tertiary wastewater

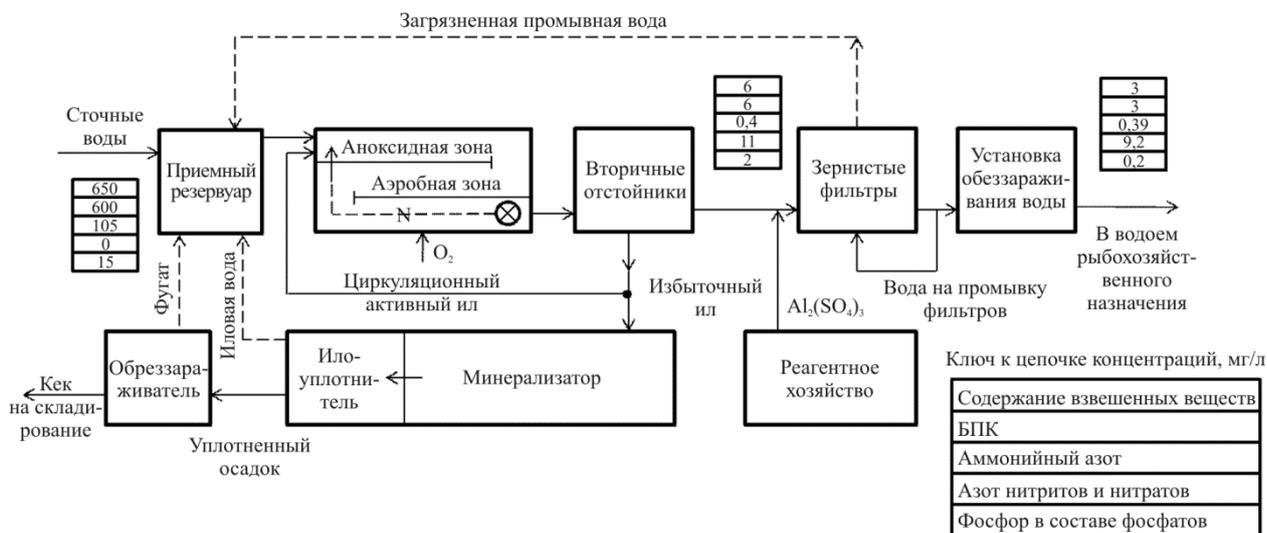


Рис. 5. Схема очистки сточных вод ДОК после реконструкции

Fig. 5. The wastewater treatment scheme of the educational center for children after reconstruction

Предложенная схема позволит обеспечить очистку сточных вод до ПДК сброса в рыбохозяйственный водоем.

Населенные пункты с постоянным или временным пребыванием людей, обеспеченные собственными канализационными очистными сооружениями малой производительности, – весьма распространенные объекты в настоящее время. Ужесточение требований на сброс сточных вод в водоемы – современная тенденция развития законодательства в области охраны окружающей среды [16]. В связи с этим рассматриваемая в статье проблема умень-

шения концентраций примесей в очищенных сточных водах является актуальной. Предложенные мероприятия по увеличению степени очистки сточных вод детского оздоровительного комплекса могут быть применены и на других подобных объектах.

Библиографический список

1. Соловьева Е.А. Очистка сточных вод от азота и фосфора: монография. – СПб.: Борвик полиграфия, 2010. – 100 с.
2. Харькин С.В. Современные технологические решения реализации очистки сточных вод от азота и фосфора // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2013. – № 9 (69). – С. 32–40.
3. Сравнительная оценка применяемых методов удаления фосфора из сточной жидкости / Г.Т. Амбросова, Г.Т. Функ, С.Д. Иванова, Шонхор Ганзоринг // Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – № 2 (76). – С. 25–35.
4. Гуреева И. Очистка сточных вод от фосфатов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2016. – № 1 (97). – С. 32–35.
5. Смирнов В.Б., Мельцер В.З. Высокоэффективные зернистые фильтры для доочистки биологически очищенных сточных вод // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2014. – № 9 (81). – С. 58–66.
6. Пробриский М.Д., Панкова Г.А., Ломинога О.А. Опыт химического удаления фосфорных соединений из сточных вод на канализационных очистных сооружениях ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2015. – № 1 (85). – С. 62–67.
7. Жмур Н.С. Европейский опыт по сокращению сброса в водоемы соединений азота и фосфора на примере Германии // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2015. – № 3 (87). – С. 54–69.
8. Углеродные сорбенты нового поколения технологического и экологического назначения / К.Б. Хоанг, О.Н. Темкин, Н.А. Кузнецова, О.Л. Каляя // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2013. – № 7 (67). – С. 20–24.
9. Харькина О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод. – Волгоград: Панорама, 2015. – 433 с.
10. Владимирова В.С. Совершенствование биологических очистных сооружений города Красновишерска // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2015. – № 1. – С. 185–197.
11. Бартова Л.В. Водоотведение малых населенных мест. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 257 с.
12. Блочно-модульная установка «Биофлоркс-50» для биологической очистки сточных вод локальных объектов / Е.А. Титов, А.С. Кочергин, М.А. Сафронов, К.С. Храмов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2016. – № 2 (98). – С. 66–69.
13. Экспериментальные исследования удаления аммонийного азота из сточных вод с применением окислителей / Е.А. Титов, А.С. Кочергин, М.А. Сафронов, А.М. Титанов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2015. – № 11 (95). – С. 18–21.
14. Методологический подход к решению вопросов реконструкции очистных сооружений / Е.С. Гогина, В.П. Саломеев, О.А. Ружицкая, Ю.П. Побегайло, Н.А. Макиша // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 6. – С. 33–37.

15. Абдурахманов А.А., Абиров А.А., Абашев М.М. Совершенствование технологических процессов очистки сточных вод на малых очистных сооружениях канализации // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2016. – № 8 (104). – С. 46–48.

16. Бартова Л.В. Очистка сточных вод в районных центрах Пермского края // Естественные и технические науки. – 2014. – № 7 (75). – С. 107–113.

References

1. Solov'eva E.A. Ochistka stochnyh vod ot azota i fosfora. [The purification of wastewater from nitrogen and phosphorus.]. Saint Petersburg, ООО «BORVIK POLIGRAFIJA», 2010, 100 p.

2. Har'kin S.V. Sovremennye tehnologicheskie reshenija realizacii ochistki stochnyh vod ot azota i fosfora [Modern technological solutions of the purification of wastewater from nitrogen and phosphorus]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, 2013, no. 9(69), pp.32-40.

3. Ambrosova G.T., Funk G.T., Ivanova S.D., Ganzoring Shonhor. Sravnitel'naja ocenka primenjaemyh metodov udalenija fosfora iz stochnoj zhidkosti [Comparative evaluation of methods, that are used to delete phosphorus from wastewater]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika*, 2016, no. 2(76), pp. 25-35.

4. Gureeva I. Ochistka stochnyh vod ot fosfatov [The purification of wastewater from phosphates]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, 2016, no. 1(97), pp. 32-35.

5. Smirnov V.B., Mel'cer V.Z. Vysokoeffektivnye zernistyje fil'try dlja doochistki biologicheski ochishhennyh stochnyh vod [High-effective granular filters to afterpurificate wastewater, that was biologically purified]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, 2014, no. 9(81), pp. 58-66.

6. Probirskij M.D., Pankova G.A., Lominoga O.A. Opyt himicheskogo udalenija fosfornyh soedinenij iz stochnyh vod na kanalizacionnyh ochistnyh sooruzhenijah GUP «VODOKANAL Sankt-Peterburga» [The experience of chemical removal of phosphorus compositions from the "Vodokanal St.Petersburg"s sewage system]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, 2015, no. 1(85), pp. 62-67.

7. Zhmur N.S. Evropejskij opyt po sokrashheniju sbrosa v vodoemy soedinenij azota i fosfora na primere Germanii [By the example of Germany, european experience of reduction of discharge nitrogen and phosphorus compositions into the reservoirs]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, 2015, no. 3(87), pp. 54-69.

8. Hoang K.B., Temkin O.N., Kuznecova N.A., Kalija O.L. Uglerodnye sorbenty novogo pokolenija tehnologicheskogo i jekologicheskogo naznachenija [The new-generation of carbon sorbents for the technological and ecological function]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, 2013, no. 7(67), pp. 20-24.

9. Har'kina O.V. Jeffektivnaja jekspluatacij airaschet sooruzhenij biologicheskoj ochistki stochnyh vod [The effective maintenance and structure calculation of biological purification of wastewater]. Volgograd, Panorama, 2015, 433 p.

10. Vladimirova V.S. Sovershenstvovanie biologicheskikh ochistnyh sooruzhenij goroda Krasnovisherska [The improvement of biological purify structures in Krasnovishersk town]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura*, 2015, no. 1, pp. 185-197.

11. Bartova L.V. Vodootvedenie malyh naselennyh mest [Wastewater of small settlements]. Perm', Permskii nacionalnyi issledovatel'skii politehnicheskii universitet, 2012, 257 p.

12. Titov E.A., Kochergin A.S., Safronov M.A., Hramov K.S. Blochno-modul'naja ustanovka «Biofloks-50» dlja biologicheskoy ochistki stochnyh vod lokal'nyh ob'ektov [The modular set "Bioflox 50" for the biological purification of wastewater in local objects]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, 2016, no. 2(98), pp. 66-69.
13. Titov E.A., Kochergin A.S., Safronov M.A., Titanov A.M. Jeksperimental'nye issledovaniya udalenija ammonijnogo azota iz stochnyh vod s primeneniem oksilitelej [Experimental research of the ammonium nitrogen removal from wastewater, using oxidants]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, 2015, no. 11(95), pp. 18-21.
14. Gogina E.S., Salomeev V.P., Ruzhickaja O.A., Pobegajlo Ju.P., Makisha N.A. Metodologicheskij podhod k resheniju voprosov rekonstrukcii ochistnyh sooruzhenij [Methodical approach to reconstruct purify structures]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika*, 2013, no. 6, pp. 33-37.
15. Abdurahmanov A.A., Abirov A.A., Abashev M.M. Sovershenstvovanie tehnologicheskikh processov ochistki stochnyh vod na malyh ochistnyh sooruzhenijah kanalizacii [The technological process improvement of wastewater purifying in the small purify structures.]// *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*. – 2016. - №8(104). – S.46-48.
16. Bartova L.V. Ochistka stochnyh vod v rajonnyh centrakh Permskogo kraja [Wastewater treatment in the regional centers of Perm region.]// *Estestvennye i tehnicheskie nauki*. – 2014. - №7(75). - S. 107-113.