

В.Н. Ануфриев,

доцент, заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» БНТУ,
канд. техн. наук

Водоснабжение и водоотведение лечебно-профилактических организаций



Техническое обеспечение функционирования лечебно-профилактических организаций (далее — ЛПО), в т.ч. их водоснабжение и водоотведение, имеют ряд особенностей, которые должны учитываться при проектировании, строительстве и последующей эксплуатации таких объектов.



В Республике Беларусь общие требования к инженерным системам ЛПО изложены в санитарных нормах и правилах¹, а положения, регламентирующие их устройство, приведены в ряде технических нормативных правовых актов (далее — ТНПА), разработанных Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь^{2,3,4}. Что касается проектирования систем водоснабжения и канализации ЛПО, то на них распространяются требования и нормативы, относящиеся к устройству внутренних систем водопровода и канализации зданий, а также наружных сетей водоснабжения и водоотведения^{5,6,7}.

Кроме того, ряд специфических положений, непосредственно относящихся к оснащению и функционированию санитарно-технических систем зданий ЛПО, выделен в отдельный ТКП 45-4.02-87 «Здания и помещения лечебно-профилактических организаций. Санитарно-технические системы. Правила проектирования». Указанный документ содержит данные по определению объемов водопотребления и водоотведения, проектированию лечебных бассейнов и связанных с ними систем водоподготовки, подключению кафедр водолечения к водопроводу, размещению трубопроводов и санитарных приборов, отведению и очистке сточных вод. Как известно, режим использования внутреннего водопровода в зданиях ЛПО в ряде случаев требует применения особых конструкций запорно-регулирующей арматуры и санитарных приборов, например водоразборных приборов с педальным или локтевым приводом, термостатических смесителей. Учитывая, что к настоящему времени стали доступными бесконтактные сенсорные санитарные приборы (рис. 1), их применение может быть более рациональным по сравнению с конструкциями с механическим приводом (рис. 2). Использование оборудования для водолечения по большей мере не вызывает проблем технического характера ввиду достаточно большого разнообразия такого рода продукции и наличия ТНПА, регламентирующих ее применение.



Рис. 1. Бесконтактные смесители с сенсорным управлением

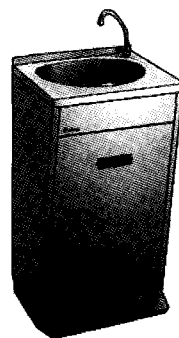


Рис. 2. Умывальники с механическим (педальным) приводом

¹ Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к устройству, оборудованию и содержанию организаций здравоохранения и к проведению санитарно-гигиенических и противозидемических мероприятий по профилактике инфекционных заболеваний в организациях здравоохранения», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 9 августа 2010 г. № 109.

² ТКП 45-3.02-173-2010 «Здания и помещения лечебно-профилактических организаций. Общие требования по проектированию».

³ ТКП 45-3.02-101-2008 «Здания и помещения лечебно-профилактических организаций. Лечебные стационары. Правила проектирования».

⁴ П7-04 к СНиП 2.08.02-89 «Проектирование лечебно-профилактических организаций. Здания и помещения специализированных лечебно-диагностических подразделений».

⁵ ТКП 45-4.01-52-2007 «Системы внутреннего водоснабжения зданий. Строительные нормы проектирования».

⁶ ТКП 45-4.01-54-2007 «Системы внутренней канализации зданий. Строительные нормы проектирования».

⁷ П7-04 к СНиП 2.08.02-89 «Проектирование лечебно-профилактических организаций. Здания и помещения специализированных лечебно-диагностических подразделений».



Проектирование бассейнов, в т.ч. лечебных, а также связанных с ними систем водоподготовки регламентируются рядом ТНПА, положения которых детально устанавливают правила проектирования этих систем и их элементов:

- П2-2000 к СНиП 2.08.02-89 «Проектирование спортивных и физкультурно-оздоровительных зданий, сооружений и помещений»;
- ТКП 45-4.01-31-2009 «Сооружения водоподготовки. Строительные нормы проектирования»;
- ТКП 45-4.01-181-2009 «Сооружения водоподготовки. Обеззараживание воды. Правила проектирования».

Вместе с тем анализ ряда положений ТНПА, относящихся к водоснабжению и канализации зданий ЛПО, вызывает вопросы о неоднозначности их исполнения и противоречиях требованиям других ТНПА. Так, **лечебные бассейны с морской или минеральной водой** рекомендуется устраивать проточными, со сбросом использованной воды в сети дождевой канализации. Применение указанного положения приводит к сбросу значительного количества сточной воды с высоким солесодержанием в водные объекты, что не допускается действующим законодательством⁸ и ТНПА⁹.

К устаревшим положениям можно отнести запрет на установку насосов на водопроводе в зданиях ЛПО, за исключением насосов для помещений водолечебной кафедры, лечебных плавательных бассейнов, оборотного водоснабжения. В настоящее время доступны конструкции насосов, характеризующиеся низкими шумовыми параметрами и вибрацией, например насосы с водяным охлаждением двигателей (рис. 3).

К тому же приняты изменения в действующие нормы проектирования внутреннего водопровода зданий, которые допускают размещение как водопроводных насосов, так и канализационных насосных установок в зданиях при обеспечении требуемых ограничений по шуму и вибрации.



Рис. 3. Насосная установка с двигателями с водяным охлаждением

Очистка и обеззараживание сточных вод инфекционных больниц

Если рассматривать этот вопрос в исторической ретроспективе, то нормативами СССР¹⁰ было установлено требование по обеззараживанию сточных вод инфекционных и туберкулезных больниц перед сбросом в наружную канализацию. При этом обработка таких сточных вод должна быть централизованной с применением термического, радиационного и других физических методов обеззараживания. Необходимость использования термического и других физических методов обеззараживания обуславливалась тем, что введение химических дезинфектантов в неочищенную сточную воду характеризуется крайне низкой эффективностью. Тогда же были разработаны

⁸ Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. Вступает в силу 21 мая 2015 г.

⁹ ТКП 17.04-20-2010 «Охрана окружающей среды и природопользование. Недр. Правила разработки и охраны месторождений подземных минеральных лечебных вод».

¹⁰ Временные рекомендации по очистке и обеззараживанию сточных вод инфекционных больниц и отделений. Утверждены Заместителем Министра здравоохранения СССР 9 августа 1978 г.



типовые проекты сооружений для термического обеззараживания сточных вод инфекционных больниц с использованием высокотемпературной стерилизации (рис. 4).

Проведение термической стерилизации при обеспечении высоких санитарно-гигиенических показателей надежности обеззараживания требует значительных затрат. В связи с этим требования по очистке и обеззараживанию таких сточных вод были изменены и их действующая редакция гласит: «Очистка и обеззараживание сточных вод от больниц и других стационаров, в том числе и инфекционных, осуществляется на общегородских или других канализационных очистных сооружениях, гарантирующих необходимый эффект очистки и обеззараживания сточных вод. При отсутствии общегородских или других канализационных очистных сооружений сточные воды больниц и других стационаров подвергаются очистке и обеззараживанию на локальных канализационных очистных сооружениях полной биологической очистки больниц и других стационаров».

В других странах для решения этой задачи также встречаются различные подходы. Так, в немецком стандарте А-205¹¹ указывается, что методы термической обработки для обеззараживания и стерилизации являются одними из самых безопасных и надежных методов уничтожения патогенных микроорганизмов. Однако повсеместная термическая обработка сточных вод неосуществима ввиду высокой стоимости. В связи с этим термическое обеззараживание или стерилизация используются для обработки сырых сточных вод предприятий и лабораторий геной инженерии и сточных вод станций захоронения трупов животных. Обработка сточных вод указанных объектов при температуре не менее 120° С в течение 20 мин гарантирует уничтожение или инактивацию всех патогенных бактерий и их спор, яиц глистов и вирусов. Термическая обработка (обеззараживание) сырых сточных вод инфекционных отделений больниц производится при температуре не менее 100° С и времени воздействия 15 мин.

В Беларуси задача обезвреживания патогенных микроорганизмов в сточных водах больниц и других ЛПО переносится от источника их образования на очистные сооружения населенного пункта, в сети которого отводятся такие сточные воды.

При расположении ЛПО за пределами населенных пунктов или отсутствии возможности отведения сточных вод в сети канализации очистка и обеззараживание сточных вод должны производиться непосредственно на объекте. В действующих ТНПА указывается, что в этом случае **применяются локальные очистные сооружения** полной биологической очистки, что подразумевает запрет на использование таких сооружений, как биологические пруды, поля фильтрации, фильтрующие траншеи и т.д.

Приемлемым техническим решением в данном случае могут быть **сооружения биологической очистки** заводского изготовления. Конструктивные особенности таких установок определяются степенью очистки и тем, какая форма микроорганизмов используется: активный ил или прикрепленные формы (биопленка). Такие установки могут быть открытого (в виде открытых емкостей, монтируемых в зданиях или вне их) и закрытого (в виде закрытых емкостей, размещаемых в грунте, реже в зданиях) типов.



Рис. 4. Установка термического обеззараживания сточных вод

¹¹ Стандарт АТV-М 205 «Обеззараживание биологически очищенных сточных вод».



Согласно классификации, разработанной Немецким институтом строительной техники¹², все установки заводского изготовления подразделяются на 5 классов в зависимости от степени очистки сточных вод и используемых процессов обработки сточных вод:

- класс *C* — установки с удалением органических веществ;
- класс *N* — установки с удалением органических веществ и дополнительной нитрификацией;
- класс *D* — установки с удалением органических веществ и дополнительной денитрификацией;
- классы *C, N, D, + P* — установки с удалением органических веществ, денитрификацией и дополнительным удалением фосфора;
- классы *C, N, D, + H* — установки с удалением органических веществ, денитрификацией и дополнительной гигиенизацией.

Параметры степени очистки, которые могут быть достигнуты при использовании установок различных классов, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры очищенной сточной воды, обеспечиваемые различными классами очистных установок

Класс	ХПК, мг/дм ³	БПК _{5T} , мг/дм ³	Аммоний-ион, мг/дм ³	Азот неорганический, мг/дм ³	Фосфор общий, мг/дм ³	Фекальные колиформные микроорганизмы в 100 мл	Взвешенные вещества, мг/дм ³
<i>C</i>	150*/100**	40*/25**					75*
<i>N</i>	90*/75**	25*/15**	10**				50*
<i>D</i>	90*/75**	25*/15**	10**	25**			50*
<i>C, N, D, +P</i>					2**		
<i>C, N, D, +H</i>						100*	

* — значения, полученные на основании одиночной пробы.

** — значения, полученные на основании смешанной пробы за 24 ч

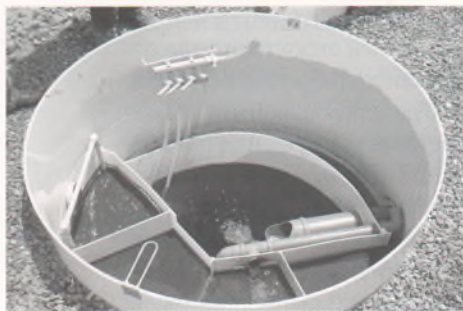


Рис. 5. Установка для очистки сточных вод заводского изготовления

Технологии, применяемые в компактных установках заводского изготовления, аналогичны способам очистки, используемым на очистных сооружениях большой производительности, с тем отличием, что из-за требований по обеспечению компактности технологические емкости блокируются и унифицируются по типу применяемого механического оборудования (насосы, эрлифты) (рис. 5).

Поскольку такое оборудование комплектно производится в заводских условиях, то и требования к его использованию отличаются от требований, предъявляемых к сооружениям, которые

¹² Anforderungen an Einleitungen von häuslichem und kommunalem Abwasser sowie an Einleitungen aus Kanalisationen. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Merkblatt Nr. 4.4/22. Stand: 01.10.2008.



возводятся по строительным проектам. В большинстве случаев выбор того или иного типа сооружений производится на основании расчетного расхода сточных вод, которые требуется очищать, параметров исходной сточной воды и требований к степени очистки. Подбор осуществляется по данным производителей установок и под их гарантии.

Учитывая, что мощность локальных очистных сооружений ЛПО небольшая, то в соответствии с существующими природоохранными требованиями¹³ необходимость удаления азота и фосфора на таких сооружениях может отсутствовать. Вместе с тем обеззараживание биологически очищенной воды в данном случае должно являться неотъемлемым элементом обработки сточных вод.

Обеззараживание поверхностных сточных вод, отводимых от площадок размещения зданий ЛПО

Ряд ТНПА^{14,15} однозначно указывает на необходимость обработки таких сточных вод и вводит **запреты на отведение** поверхностных сточных вод с территорий, опасных в эпидемиологическом отношении (больничные организации здравоохранения, ветеринарные лечебницы, скотомогильники и др.), в водные объекты без обеззараживания. Вместе с тем эффективное обеззараживание может быть достигнуто только при предварительной очистке поверхностных сточных вод от взвешенных веществ и органических примесей.

Если рассматривать методы обеззараживания сточных вод, то в настоящее время существует практика применения **физических методов** (термическая обработка, ультрафиолетовое излучение, мембранная фильтрация, ультразвук, обработка электрическими импульсами), а также **химических методов** (озонирование, хлорирование, с применением хлора, хлорсодержащих дезинфектантов, или диоксида хлора, обработка надуксусной кислотой, пероксидом водорода или полиалкиленгуанидинами). Выбор метода обеззараживания сточных вод предполагает учет гигиенической надежности бактерицидного и вирулицидного эффекта, медико-биологических экологических последствий при отведении обработанных сточных вод, эксплуатационной и экономической целесообразности¹⁶.

Вместе с тем, учитывая стоимость оборудования и реагентов и их доступность, выбор технологий обеззараживания сточных вод становится еще более узким. Данные по четырем распространенным способам обеззараживания сточных вод, которые также могут быть использованы для обработки сточных вод ЛПО, приведены в табл. 2.

Использование **мембранного фильтрования** для обеззараживания является высокоэффективным, однако довольно затратным методом. В связи с этим такая обработка применяется при необходимости использования обработанной воды, например, для технического водоснабжения. В табл. 3 приведены данные о достигаемой степени очистки при использовании мембран и параметров процесса.

¹³ ТКП 17.06-08-2012 «Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод».

¹⁴ Санитарные нормы и правила «Требования к системам водоотведения населенных пунктов», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 15 мая 2012 г. № 48.

¹⁵ ТКП 45-4.01-57-2012 «Системы дождевой канализации. Строительные нормы проектирования».

¹⁶ Методика выбора и контроля эффективности способа обеззараживания сточных вод для обеспечения безопасности поверхностных водоемов, используемых в рекреационных целях, утвержденная Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь от 24 ноября 2009 г. № 065-1109.



Таблица 2. Методы обеззараживания сточных вод

Метод	Эффективность обеззараживания	Наличие достаточного опыта эксплуатации	Экологичность	Стоимость, евро/м ³
Ультрафиолетовое излучение	+	++	+	0,03–0,05
Мембранная фильтрация	++	–	++	0,45–0,60
Озонирование	+	+	–	0,09–0,15
Хлорирование	++	++	–	0,04–0,06

Таблица 3. Характеристика мембранных процессов

	Обратный осмос	Наночелтация	Ультрафилтация	Микрофилтация
Размеры пор мембран	0,1–10 нм	1–10 нм	0,005–0,2 мкм	0,1–5 мкм
Диапазон рабочих давлений	0,7–12,0 МПа	0,5–4,0 МПа	0,1–10 МПа	Филтавание при избыточном давлении: 0,05–0,5 МПа; при вакууме: 0,01–0,09 МПа
Задерживаемые/удерживаемые компоненты	Ионы, молекулы	Вирусы, молекулы	Коллоидные вещества, макромолекулы, вирусы	Взвешенные вещества, бактерии, коллоидные вещества

При использовании микро- или ультрафилтации обрабатываемая сточная вода проходит через мембрану под воздействием повышенного давления или вакуума. Требуемая степень обеззараживания достигается при использовании мембран с размерами пор в среднем 0,2 мкм, что соответствует микро- и ультрафилтации. При филтавании воды через мембрану примеси, превышающие размеры пор, задерживаются на передней части мембраны. Во время работы образующийся на мембране слой задержанных взвешенных веществ усиливает эффект очистки, удерживая другие примеси. С увеличением толщины такого слоя увеличивается сопротивление мембраны, ограничивающее производительность установки, поэтому через определенные промежутки времени мембраны необходимо промывать очищенной водой. При постоянной работе на мембране образуются отложения из коллоидных веществ, микроорганизмов и оксидов металлов, которые приводят к закупорке пор мембраны; кроме того, возможно образование биологических обрастаний на той стороне мембраны, откуда отводится очищенная вода. Эти отложения необходимо периодически удалять с помощью реагентов очистителей (пероксида водорода, кислот и щелочей).

Мембранное филтавание в большей части случаев применяется **в сочетании с биологической очисткой**, что позволяет добиться увеличения интенсивности очистки и уменьшения объема сооружений¹⁷. Таким образом, применение мембранного филтавания исключительно как метода обеззараживания весьма ограничено по экономическим соображениям.

Характерной особенностью **озонирования** является более высокая окислительная способность, чем при хлорировании. Из-за нестабильности озон невозможно хранить и транспортировать, в связи с чем он производится на месте использования.

¹⁷ См.: Ануфриев В.Н. Очистка сточных вод предприятий молочной промышленности // Экология на предприятии. 2014. № 5. С. 83–96.



Эффективность озонирования зависит от дозы, времени реакции, содержания органических веществ в обрабатываемой сточной воде, ее температуры и величины показателя pH . При более высоких значениях показателя pH озон расщепляется быстрее, что снижает его обеззараживающее действие. Эффективность обработки также падает с увеличением температуры воды. В результате химической нестабильности озона его остатки быстро распадаются, поэтому, что касается обеззараживания, озон можно отнести к веществам с ограниченным последующим эффектом. При обеззараживании сточных вод озоном его доза принимается в пределах от 5 до 35 г/м³ при времени контакта 5–30 мин и содержании остаточного озона в обработанной воде 0,1–1 г/м³.

Поскольку озон токсичен, в непосредственной близости от озонирующих установок должны обеспечиваться меры безопасности, предотвращающие воздействие озона на людей (удаление остатков озона, устройство принудительной вентиляции, установка индикаторов концентрации озона). Также следует учитывать возможность образования в сточных водах токсичных побочных продуктов окисления, в т.ч. формальдегидов и пероксидов.

При использовании **хлорирования** обеззараживающее воздействие заключается в угнетении и разрушении ферментов в клетках микроорганизмов под воздействием хлора и его соединений в основном благодаря получению при его растворении недиссоциированной хлорноватистой кислоты ($HOCl$). При высоких значениях температуры и показателя pH реакция смещается в сторону образования менее эффективных гипохлорит-ионов (OCl). Кроме того, для хлорирования могут использоваться растворы активного хлора в виде гипохлорита, например гипохлорит натрия ($NaOCl$), гипохлорит кальция ($Ca(OCl)_2$) или хлорная известь ($CaCl(OCl)$).

Диоксид хлора (ClO_2) также производится непосредственно на месте применения и немедленно дозируется в обрабатываемую воду, поскольку при концентрациях выше 30 % от объема раствора это вещество становится взрывоопасным, а его реакция распада происходит довольно быстро. Действие диоксида хлора основано на сильных окислительных свойствах, значительно более сильных, чем у хлорноватистой кислоты. Благодаря этому реакция занимает всего несколько минут. Кроме того, действие диоксида хлора не зависит от величины показателя pH в диапазоне от 6 до 9.

Хлор, гипохлорит и диоксид хлора при поступлении в сточные воды вступают в реакцию с неорганическими и органическими веществами, содержащимися в них, в т.ч. белками, спиртами, гуминовой кислотой, фенолами. В результате таких реакций образуются нежелательные побочные продукты (например, хлорфенолы, хлороформ, адсорбируемые органические галогенпроизводные и другие хлорорганические соединения). По сравнению с растворами активного хлора при использовании диоксида хлора интенсивность образования соединений, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, ниже, т.к. не образуются такие вещества, как галогенометаны, хлорфенолы и продукты реакции с аммонием и соединениями аминов. Образование адсорбируемых органических галогенпроизводных снижается более чем на 90 %, однако образуются такие вещества, как хлориты и хлораты.

При обеззараживании хлорированием без последующей стадии дехлорирования хлорорганические соединения поступают в водные экосистемы и угнетают жизнедеятельность природных микроорганизмов — антагонистов патогенов, в результате чего нарушается процесс самоочищения в водных объектах. Концентрация активного хлора 0,05–0,1 мг/дм³ негативно сказывается на росте и выживании рыб. Дальнейшее увеличение концентрации может привести к угрозе проникновения токсичных веществ в пищевую цепочку до рыб и выше. Концентрация хлора 0,3–0,6 мг/дм³



может привести к невозполнимой потере биомассы растений и животных в озерах и реках. В связи с этим обеззараживание сточных вод с использованием хлора не может использоваться на постоянной основе и может рассматриваться как мера аварийного характера, поскольку образование дополнительных химических веществ в сточных водах может привести к неконтролируемым реакциям и ухудшению состояния водных экосистем.

Учитывая рекомендации ТНПА применять альтернативные хлорированию методы обеззараживания, а также в связи с экономическими соображениями обработка предварительно очищенных сточных вод ультрафиолетовым облучением является приемлемым методом, доля которого быстро увеличивается в сравнении с другими технологиями. Ограничениями применяемости данного способа являются свойства обрабатываемой воды, снижающие проникаемость ультрафиолетовых лучей: содержание взвешенных веществ более 10 мг/дм³, цветность более 50 град, БПК₅ более 10,0 мг/дм³. В связи с этим в ряде случаев может потребоваться дополнительная очистка (например, фильтрование) для обеспечения приемлемости ультрафиолетового обеззараживания. Затраты на дополнительную обработку могут быть оправданы снижением стоимости непосредственно обеззараживания в сравнении с альтернативными вариантами, предполагающими использование химических дезинфектантов.

В связи с вышесказанным выбор схемы водоснабжения и водоотведения, обращения со сточными водами ЛПО должен базироваться на технико-экономических расчетах вариантов технических решений, предусматривающих детальные исследования условий размещения ЛПО с учетом их типа, возможностей подключения к существующим сетям и на анализе применимости передовых технологий. 