

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОЛОТНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ

О.Г. Савичев

Томский политехнический университет
E-mail: OSavichev@mail.ru

Предложена технология очистки хозяйственно-бытовых сточных вод малых населенных пунктов и нефтегазовых объектов в мелководных биологических прудах с торфяным субстратом и болотной растительностью. Приведено обоснование ее использования в условиях Западной Сибири. Очистка стоков осуществляется за счет сорбции загрязняющих веществ на частицах торфа, их усвоения растительностью и минерализации органического вещества в процессе образования осадка, который затем может использоваться в качестве органического удобрения при рекультивации нарушенных земель и ведении лесохозяйственной деятельности.

Введение

Одной из важнейших современных природоохранных проблем является очистка хозяйственно-бытовых стоков и их утилизация. Эта проблема актуальна и для предприятий нефтегазового комплекса Западной Сибири. В настоящее время существует множество различных решений в области охраны вод, связанных с механической, физико-химической и биологической очисткой стоков, в том числе в биологических прудах, на полях фильтрации и орошения, в аэротенках и т. д. Тем не менее, универсальных решений для любых природно-антропогенных условий не существует, и для каждой природной зоны, районов со специфической хозяйственной деятельностью требуется индивидуальный подход к выбору технологии очистки.

Как показал анализ водохозяйственной практики, очистка коммунально-бытовых сточных вод может осуществляться на основе действующих нормативных документов по схемам, разработанным применительно к малым населенным пунктам, поскольку по числу работающего персонала и приуроченности к малонаселенным территориям последние сравнимы с жилыми объектами на нефтегазовых месторождениях. Эти схемы, как правило, включают этапы механической, химической и/или физико-химической и биологической очистки, причем последняя может осуществляться в естественных и искусственных природно-антропогенных объектах – биологических прудах, на полях фильтрации, «обычных» полях орошения с техническими сельскохозяйственными культурами, а также в мелководных биологических прудах с торфяным субстратом и болотной растительно-

стью, аналогичных по своим гидрологическим и геохимическим свойствам болотным биогеоценозам. Последний вариант, обоснование которого представлено ниже, может быть особенно эффективным в условиях Западной Сибири по сравнению с прочими.

Это определяется, во-первых, тем, что подобный объект на всех стадиях функционирования является частью окружающей среды, а не инородным антропогенным включением, как обычные очистные сооружения. Таким образом, биопруды с торфяным субстратом и болотной растительностью занимают промежуточное место между антропогенными и природными объектами с преобладанием свойств первых на начальном этапе эксплуатации и вторых – уже примерно через год-два (по мере встраивания в общую экосистему). Во-вторых, биологическая очистка в прудах с торфяным субстратом и болотной растительностью осуществляется и за счет усвоения загрязняющих веществ растительностью и микроорганизмами, и за счет сорбционных процессов. В-третьих, болотная растительность, применяемая для очистки стоков, полностью используется в природном биогеохимическом цикле, причем подбор тех или иных видов позволяет существенно улучшить лесохозяйственное состояние территорий.

Использование загрязняющих веществ в природной среде определяется тем, что они частично усваиваются растениями, частично сорбируются органическим и минеральным материалом, частично разлагаются, в результате чего исчезает или резко уменьшается токсическое воздействие веществ, отсутствующих в окружающей среде или на-

ходящихся в излишне высоких концентрациях, и образуются соединения, к которым местная экосистема адаптирована. В-третьих, грунты, на частицах которых происходила сорбция загрязняющих веществ, и осадок, образующийся при механической очистке стоков, могут использоваться для рекультивации нарушенных земель и повышения плодородия земель в лесохозяйственных целях. Актуальность последнего мероприятия обусловлена тем, что значительная часть земель в таежной зоне Западной Сибири характеризуется низкой биологической продуктивностью и закисленностью почв, в связи с чем при сельско- и лесохозяйственном использовании таких земель требуется внесение органических и минеральных удобрений. С учетом этого хозяйственно-бытовые сточные воды и осадок, образующийся при их очистке, могут выступать в роли удобрений, а не загрязнений. В-четвертых, на выходе очистных сооружений сточные воды имеют химический состав, которых не отличается от фонового состава болотных вод.

Таким образом, основная цель рассматриваемого исследования – обоснование технологии очистки хозяйственно-бытовых стоков с использованием мелководных биологических прудов с торфяным субстратом и болотной растительностью. Данные природно-антропогенные объекты позволяют очистить стоки, являясь при этом компонентами природной среды. По сути, они основаны на комплексном способе очистки, совмещающим одновременно свойства биопрудов с высшей растительностью, полей орошения и фильтрации. Причем, в отличие от «классических» биопрудов, биопруды с торфяным субстратом и болотной растительностью могут функционировать и в зимний период, а по сравнению с полями фильтрации они позволяют проводить более глубокую (вплоть до фонового уровня района размещения очистных сооружений) очистку и обеспечить длительное (20–25 лет) безопасное функционирование. Сам термин «биологический пруд с торфяным субстратом и болотной растительностью» в данной работе принят из-за нецелесообразности, с точки зрения автора, введения новых терминов и максимально возможного приспособления предлагаемых понятий и технологии очистки к действующим нормативно-правовым документам и понятиям.

Основные подходы и принципы очистки коммунально-бытовых сточных вод малых населенных пунктов

Методы очистки сточных вод разделяют на механические, химические, физико-химические и биологические. Применение того или иного метода определяется особенностями размещения объектов, образующих стоки (в черте населенных пунктов, рекреационных и природоохранных территорий, или на слабозаселенных человеком территориях, например, на месторождениях нефти, удаленных на десятки и сотни километров от urba-

низированных территорий и др.), характером загрязнения приемника сточных вод и степенью вредности примесей, но, в соответствии с действующими природоохранными документами, в любом случае используются наилучшие технические решения, а выбранный вариант должен определяться наименьшей величиной приведенных затрат с учетом сокращения трудовых затрат, расхода материальных ресурсов, электроэнергии и топлива, а также исходя из санитарно-гигиенических и рыбохозяйственных требований.

Следует отметить, что в последние десятилетия приоритет, как правило, отдается биологическим методам очистки сточных вод. При этом сооружения биологической очистки могут быть разделены на два вида: 1) сооружения, на которых процесс биологической очистки осуществляется в условиях, близких к естественным условиям (поля фильтрации (орошения), биологические пруды) с помощью всей совокупности биотических объектов (микроорганизмов, гидрофильных растений и гидробионтов) 2) сооружения с биологической очисткой в искусственно созданных условиях – в аэротенках и биофильтрах с помощью микроорганизмов [1].

Одно из важных направлений биологической очистки – использование биологических прудов с высшей водной растительностью. Распространение этой технологии в последние годы наблюдается как в странах Европейского Союза, так и в Российской Федерации, в том числе в Западно-Сибирском регионе. Ее достоинством является возможность существенно снизить стоимость очистки стоков малых населенных пунктов при сохранении или даже увеличении ее эффективности [2]. В качестве примера можно привести использование в последнее десятилетие биопрудов с тропическими растениями *Eichhornia crassipes* (водяной гиацинт) в Ставропольском крае, Томской и Новосибирской областях на основе технологий, разработанных в Институте цитологии и генетики СО РАН, НИИ биологии и биофизики при Томском государственном университете (НИИ ББ) и ОАО «Томскводпроект». Ранее аналогичные системы были построены и введены в эксплуатацию в США, Западной Европе, Австралии и Японии, в том числе с применением тростника, рогоза, рдеста, элодеи, камыша и т. д. [2, 3].

Особенностью большинства подобных проектов является попытка максимального использования местных (аборигенных) видов растительности. С учетом этого при проектировании сооружений для биологической очистки коммунально-бытовых стоков малых населенных пунктов в Западной Сибири представляется целесообразным отдавать предпочтение местной, а не привозной флоре, поскольку это позволит обеспечить устойчивость процесса очистки (за счет использования видов, приспособленных к климатическим и экологическим условиям) и снизить затраты на строительство и обслуживание очистных сооружений. Дру-

гое перспективное направление биологической очистки сточных вод в естественных условиях – использование полей орошения и фильтрации. Поля орошения отличаются от полей фильтрации тем, что на первых выращивают овощи, злаки, плодовые и декоративные деревья и кустарники, технические культуры, а поля фильтрации служат только для очистки сточных вод.

Исходя из этого и на основе анализа имеющихся сведений о возможности использования торфов для очистки сточных вод и требований нормативных документов были сформулированы основные принципы организации очистки хозяйственно-бытовых сточных вод малых населенных пунктов в условиях Томской области. *Во-первых*, согласно [4], допускается создание природно-антропогенных объектов – природных объектов, измененных в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданных человеком, обладающих свойствами природного объекта и имеющих рекреационное и защитное значение. К подобным природно-антропогенным объектам, в соответствии с [5] и с учетом передового российского и зарубежного опыта, могут быть отнесены мелководные биопруды с торфяным субстратом и болотной растительностью, которые одновременно могут использоваться и для очистки сточных вод, и для улучшения лесохозяйственного значения территорий, что кардинально отличает их от обычных очистных сооружений.

Во-вторых, в соответствии с [5], на торфяниках допускается создание земельных полей орошения – специализированных мелиоративных систем, предназначенных для использования подготавливаемых сточных вод и осадка, образующегося при их механической очистке, на орошение и удобрение земель и для осуществления естественной биологической их доочистки. *В-третьих*, очистка в биопрудах с высшей водной растительностью заключается в усвоении и трансформации растениями и микроорганизмами загрязняющих веществ, содержащихся в стоках; принцип очистки на полях фильтрации – сорбция загрязняющих веществ на частицах грунта в процессе фильтрации сточных вод; принцип очистки на полях орошения – сорбция загрязняющих веществ на частицах грунта и усвоение веществ растениями. В предлагаемой схеме очистки с использованием биопрудов с торфяным субстратом и болотной растительностью главные принципы те же, что в «обычных» биопрудах с высшей водной растительностью и на полях орошения, но в более выраженном виде за счет повышенной сорбционной способности торфов, торфо-минеральных грунтов и максимально полного включения очистных сооружений в природную среду. Кроме того, использование биопрудов с торфяным субстратом и болотной растительностью позволяет улучшить лесохозяйственное значение территорий, то есть выполняют важную экологическую функцию.

Технология очистки стоков в мелководных биопрудах с торфяным субстратом и болотной растительностью

Технология очистки хозяйственно-бытовых сточных вод соответствует всем действующим нормативным требованиям [5–7]. Типовая схема очистки хозяйственно-бытовых стоков с использованием мелководного биопруда с торфяным субстратом и болотной растительностью включает в себя механическую очистку в пруде-отстойнике и биологическую – в биологическом пруде с торфяным субстратом и болотной растительностью (рис. 1).



Рис. 1. Типовая схема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод с использованием мелководного биопруда с торфяным субстратом и болотной растительностью

Основная механическая очистка осуществляется в пруде-отстойнике (одно- или многосекционном), в котором происходит оседание взвешенных частиц. Пруд-отстойник представляет собой копаный пруд с обваловкой, или копаный пруд с грунтовой насыпной плотиной и обваловкой, или пруд с обваловкой и плотиной. Дно, обваловка и плотина пруда должны быть выполнены из грунтов с незначительной водопроницаемостью или с использованием гидроизоляции. Вариант компоновки пруда (с плотиной или без нее) выбирается в соответствии с [6, 7] в процессе проектирования очистных сооружений на основе анализа материалов инженерных изысканий. Размеры очистного сооружения должны обеспечивать выпадение минеральных частиц диаметром 0,05 мм с гидравлической крупностью 1,73 мм/с. Согласно [6], продолжительность отстаивания сточных вод в пруде-отстойнике принимается в размере не менее 30 мин. Объем твердого осадка за год определяется по методу А.В. Караушева с учетом [7]. Объем и глубина осадочной части сооружения определяются по суммарному объему твердого осадка от всех видов вод и частоты очистки. Полученная расчетом глубина осадочной части может увеличиваться до 30 %.

Биологическая очистка стоков осуществляется круглогодично в мелководном биологическом пруде с торфяным субстратом и болотной растительностью.

стью в результате сорбции загрязняющих веществ на частицах торфяного субстрата и усвоения загрязняющих веществ высшими растениями и микроорганизмами. Сточные воды из пруда-отстойника поступают в биопруд самотеком по водосборным сооружениям круглогодично. Расчет водосборных сооружений проводится на стадии проектирования на основе материалов инженерных изысканий.

Биопруд представляет собой искусственное и/или естественное болото с торфом и слоем воды в основной части объекта не более 0,5 м (непосредственно в месте поступления сточных вод целесообразно создание микропруда, играющего роль усреднителя стоков). По периметру биопруда создается обваловка из минеральных грунтов высотой не менее 0,5 м от максимального уровня воды. Внутри биопруда с использованием грунтов, осадка, образующегося в пруде-отстойнике, и остатков древесной растительности, сведенной на площади биопруда в период строительства, строится руслонаправляющее сооружение, формирующее искривленный поток сточных вод по типу ограниченного меандрирования для увеличения продолжительности очистки.

Расчет размеров биопруда проводится согласно [8, 9], исходя из того, что, во-первых, очистные сооружения располагаются на участках болот или подготовленных площадях с размещением торфа. Во-вторых, на выходе сточных вод из биопруда должны соблюдаться нормативы предельно-допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ со сточными водами. Базовое уравнение для определения допустимой концентрации вещества в сточных водах $C_{см.ок}$ имеет стандартный вид:

$$C_{см.ок} = C_{\phi} + n (ПДК - C_{\phi}).$$

Кратность разбавления в отсутствие явно выраженного движения болотных вод определяется по формуле:

$$n = \frac{C_{см} - C_{\phi}}{C_{max} - C_{\phi}},$$

где C_{ϕ} – концентрация вещества в болотно-сточных водах в биопруде (в болоте – фоновая концентрация вещества); C_{max} – максимальная концентрация вещества в расчетном створе (ниже по течению притока природных или сточных вод), которая определяется на основе упрощения и последующего аналитического решения уравнения диффузии вещества в цилиндрических координатах в деятельном субстрате торфяной залежи:

$$C_{max} = C_{см} \exp \left(- \frac{k r^2}{2 \left(D - \frac{q}{\phi h} \right)} \right),$$

где r – расстояние от источника поступления вещества в объект до контрольного створа (выход из поля фильтрации с болотной растительностью); ϕ – угол сектора распространения примеси; D – коэф-

фициент диффузии; k – коэффициент самоочищения; q – расход сточных вод; h – половина глубины деятельного слоя торфяной залежи или искусственной торфяной загрузки. Коэффициенты диффузии и гидродисперсии определяются путем измерений, методами оптимизации или принимаемый по литературным данным. В случае использования естественного болота глубина деятельного субстрата и прочие гидрологические характеристики болота определяются путем измерения, а в случае отсутствия гидрометрических наблюдений – ориентировочно согласно [8]. Коэффициент самоочищения k в общем случае не является константой и может быть рассчитан по объекту-аналогу согласно [8, 9].

Для очистки хозяйственно-бытовых стоков в биопрудах, по мнению В.А. Базанова (НИИ ББ, г. Томск), целесообразно использовать местные виды растений (камыш озерный, рогоз узколистный, тростник обыкновенный и другие), широко распространенные на болотах и заболоченных землях региона и хорошо приспособленные к суровым природным условиям Западной Сибири.

Очищенные сточные воды круглогодично выводятся из биопруда в систему водоотведения, в которой проводится дезинфекция с использованием дозатора для подачи дезинфицирующего раствора. Вариант дезинфекции сточных вод выбирается в процессе проектирования очистных сооружений. После дезинфекции очищенные сточные воды подаются на выпуск в водный объект.

Удаление осадка из пруда-отстойника осуществляется в безморозный период года (1...2 раза) по мере накопления. Осадок перемещается внутрь биопруда на руслоформирующее сооружение. Также возможен вывоз осадка в безморозный период на рекультивируемые участки нарушенных земель и полигоны отходов. Перед внесением осадок дезинфицируются на поле фильтрации путем смешения с негашеной известью. Технология внесения известия в осадок определяется в процессе проектирования очистных сооружений на основе анализа материалов инженерных изысканий. Норма внесения осадка $C_{\phi.m}$ определяется согласно [5] по формуле:

$$C_{\phi.m} = 0,8 (ПДК_n - C_{\phi.m}) 3,$$

где $C_{\phi.m}$ – исходная концентрация вещества в торфе до внесения осадка, мг/кг; ПДК_n – предельно допустимая концентрация вещества в торфе (почве), мг/кг; 3 – коэффициент приведения. Максимальная доза дополнительно ограничивается по величине вносимого с осадком общего азота, которая не должна превышать 300 кг/га в год.

Оценка изменения химического состава вод в болотах – приемниках сточных вод

Модельные расчеты параметров очистного сооружения проведены при следующих условиях: 1) используется участок низинного древесного болота с мощностью торфяной залежи 0,4 м; 2) расход

хозяйственно-бытовых сточных вод при численности населения (персонала производственных объектов) 100 человек с учетом [6] – 25 м³/сут; 3) расход сточных вод с учетом возможного максимального притока талых вод в весенний период в условиях среднетаежной зоны (расчетный расход) – 0,868 л/с; 4) сведения о химическом составе неочищенных сточных вод согласно [6] и фоновом химическом составе болотных вод региона по [8] приведены в табл.

Расчеты показали, что пруд-отстойник, выполненный в виде двух секций длиной 25 м, шириной – 5 м, глубиной на входе – 1,8 м (длина приемка – 3 м) и на выходе – 1,5 м, обеспечивает почти полное очищение сточных вод от взвешенных частиц диаметром более 0,05 мм. После пруда-отстойника осветленные сточные воды поступают в усреднитель размером 15×15×3 м, обеспечивающий накопление сточных вод и усреднение их состава. Усреднитель размещен непосредственно в биопруде длиной 70 м и шириной 40 м. Обваловка имеет высоту 0,5 м, ширину по низу – 3 м, по верху – 1 м. В биопруде размещаются руслонаправляющие сооружения (первоначально – из остатков древесной растительности). Общая протяженность искривленного потока сточных вод – 140 м. На выходе биопруда химический состав очищенных сточных вод соответствует фоновым значениям, установленным для болотных вод на территории Томской области [8].

Таблица. Сводная таблица расчетных концентраций загрязняющих веществ в сточных водах и значения ПДС в болото

Показатель	Содержание в неочищенных сточных водах (по [6]), мг/дм ³	Содержание в очищенных сточных водах, мг/дм ³	ПДК _{х.п.} , мг/дм ³	Фоновое содержание в болотных водах [8], мг/дм ³	ПДС, т/год
Взвешенные вещества	85,80	9,34	10,09	9,34	0,0852
Хлорид-ион	11,88	10,00	300,0	10,00	0,0912
ПАВ	3,32	0,02	0,500	0,02	0,0002
Азот аммонийный	10,56	4,094	0,500	4,094	0,0373
Фосфор фосфатов	0,95	0,267	1,141	0,267	0,0024

Для дополнительного подтверждения возможности использования предлагаемой технологии был проведен анализ данных гидрохимических наблюдений на болотах – приемниках хозяйственно-бытовых сточных вод в г. Стрежевом и с. Мельниково (Томская область), полученных автором совместно со специалистами ОАО «Томскгеомониторинг» в 2001–2002 гг.

В г. Стрежевом сточные воды, образующиеся после промывки фильтров на станции обезжелезивания городского подземного водозабора, сбрасываются в верховое болото (окраина болотного комплекса Саим) с преобладанием сфагново-кустарничкового фитоценоза по специально обустроенному коллектору. Влияние сточных вод прослеживается

в основном на удалении не более 10...20 м от коллектора сточных вод. В с. Мельниково сброс сточных вод районного центра осуществляется в Обское низинное болото в пределах гипново-осокового фитоценоза, причем перемещение сточных вод происходит в основном путем фильтрации в поверхностном «деятельном» слое торфяной залежи. В последнем случае воздействие сброса стоков на состав болотных вод более заметно, чем в районе г. Стрежевого, и прослеживается в 50...120 м от источника загрязнения (рис. 2, 3). Учитывая, что величина проточности на участках распространения сфагново-кустарничковых фитоценозов меньше соответствующего показателя для гипново-осоковых фитоценозов, а сами верховые торфа обладают значительными сорбционными свойствами, большее изменение химического состава вод Обского болота является вполне закономерным [10].

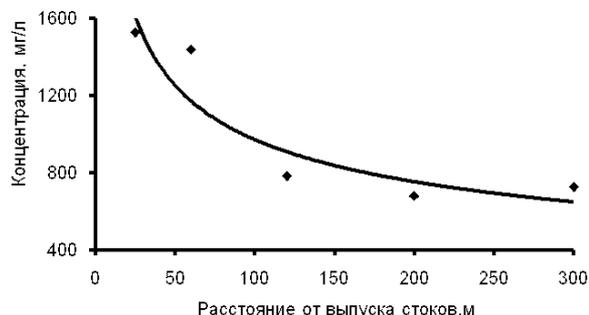


Рис. 2. Изменение суммы главных ионов в водах Обского болота в районе выпуска хозяйственно-бытовых сточных вод с. Мельниково (Томская область)

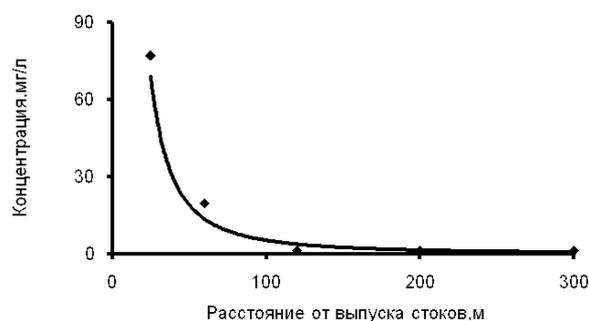


Рис. 3. Изменение концентрации азота аммонийного в водах Обского болота в районе выпуска хозяйственно-бытовых сточных вод с. Мельниково (Томская область)

В целом, в обоих случаях наблюдается достаточно эффективная очистка сточных вод, что свидетельствует о возможности использования болотных биогеоценозов для очистки сточных вод.

Заключение

Предлагаемая технология очистки хозяйственно-бытовых стоков в мелководных биопрудах с торфяным субстратом и аборигенной болотной растительностью реализуется за счет сорбции загрязняющих веществ на частицах торфа, их усвоения растительностью и минерализации органического

вещества в процессе образования осадка, который в качестве органического удобрения может использоваться при рекультивации нарушенных земель. Технология включает: 1) механическую очистку сточных вод в пруде-отстойнике (одно- или много-секционном); 2) очистку сточных вод в мелководном биологическом пруде, имитирующем болотный биогеоценоз; 3) обеззараживание очищенных сточных вод; 4) выпуск очищенных сточных вод в поверхностный водный объект; 5) обеззараживание осадка и его размещение на руслоформирующем сооружении внутри биопруда. Приемником очищенных сточных вод являются поверхностные водные объекты (предпочтение следует отдавать

болотам). Допустимые сбросы загрязняющих веществ в болота определяются согласно [8, 9].

В качестве биологических прудов с торфяным субстратом и болотной растительностью для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод могут использоваться специально подготовленные (обвалованные, выбранные с учетом наличия водоупорных подстилающих пород) участки торфяных болот, либо участки с минеральным грунтом, на которые предварительно вносится торфяной грунт. После завершения эксплуатации очистных сооружений нарушенные земли подлежат рекультивации и в дальнейшем используются для лесохозяйственной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронов Ю.В., Алексеев Е.В., Саломеев В.П., Пугачев Е.А. Водоотведение. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 415 с.
2. Справочник по современным технологиям очистки природных и сточных вод и оборудованию / Kruger International Consult A/S, Denmark, V.F. Karpuhin. – Copenhagen: Ministry of Environment and Energy, Danish Environment Protection Agency, Printed by Schultz Grafiks, 2001. – 253 p.
3. Диренко А.А., Кнус А., Коцарь Е.М. Использование высших водных растений в практике очистки сточных вод и поверхностного стока // Санитарная техника и водоснабжение. – 2006. – № 5. – С. 15–18.
4. Федеральный закон № 7-ФЗ. Об охране окружающей среды: принят Государственной Думой 20.12.2001 г. и одобрен Советом Федерации 26.12.2001 г. / М-во юстиции РФ // Российская газета. – 2001. – 12 января. – № 6 (2874).
5. СанПиН 2.1.7.573-96. Почва. Очистка населенных мест. Бытовые и промышленные отходы. Санитарная охрана почвы. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. Санитарные правила и нормы. – М.: Госкомсанэпиднадзора РФ, 1996. – 25 с.
6. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР, 1986. – 103 с.
7. СН 496-77. Временная инструкция по проектированию сооружений для очистки поверхностных сточных вод. – М.: Госстрой СССР, 1977. – 50 с.
8. Временные методические указания по проведению расчетов фоновых концентраций в болотных водах и предельно допустимых сбросов (ПДС) вредных веществ в болота со сточными водами. – Томск: ОГУП ТЦ «Томскгеомониторинг», ГУПР по Томской области, ОГУ «Облкомприрода», 2003. – 23 с.
9. Лыготин В.А., Савичев О.Г. Оценка допустимых сбросов загрязняющих веществ в болота Томской области // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 5. – С. 33–38.
10. Базанов В.А., Савичев О.Г., Егоров Б.А., Крутовский А.О. Антропогенные изменения макрокомпонентного состава болотных вод на территории Томской области // Болота и биосфера: Матер. II научной школы (8–12.09.2002 г.). – Томск: Изд-во Томск. гос. пед. ун-та, 2003. – С. 94–101.

Поступила 03.12.2007 г.