

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ

УДК 628.3

РАЗРАБОТКА РЕГИОНАЛЬНОЙ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЫ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

© 2020 г. Е. И. Пупырев^{a, *}, Р. В. Чупин^{b, **}, Е. С. Гогина^{a, ***},
Н. А. Макиша^{a, ****}, И. А. Нечаев^{c, *****}, М. М. Пукемо^{d, *****}

^aНИУ МГСУ, Москва, 129337 Россия

^bНИЧ ИРНИТУ, Иркутск, 664074 Россия

^cАО «ВНИИХТ» ГК «Росатом», Москва, 115409 Россия

^d«Alta Group», Москва, 115280 Россия

*e-mail: e.pupyrev@gmail.com

**e-mail: ch-r-v@mail.ru

***e-mail: goginaes@mgsu.ru

****e-mail: MakishaNA@mgsu.ru

*****e-mail: nechaevia@vniiht.ru

*****e-mail: 2336122@alta-group.ru

Поступила в редакцию 26.11.2019 г.

После доработки 26.11.2019 г.

Принята к публикации 24.12.2019 г.

Представлена выполненная с использованием программно-целевого метода поэтапная разработка единой концепции развития системы водоотведения на значительной территории, входящей в центральную экологическую зону Прибайкалья. Приведен прогноз объемов образующихся сточных вод в регионе до 2030 г. Выделены две наиболее эффективные технологии биологической очистки сточных вод для условий Прибайкалья. Концепция содержит, в частности, перечень конкретных мероприятий, обеспечивающих достижение целевых экологических показателей системы водоотведения. Формулируются предложения по реконструкции, модернизации и строительству очистных сооружений, методом сравнения по целевым показателям определяется оптимальный вариант. Разработана структура централизованной системы управления водоотведением.

Ключевые слова: озеро Байкал, центральная экологическая зона, очистные сооружения, биологическая очистка сточных вод, прогноз объема сточных вод, управление системой водоотведения.

DOI: 10.31857/S032105962004015X

ВВЕДЕНИЕ

Экологическое состояние водоохраной зоны Байкала и его прибрежных вод вблизи поселений вызывает обоснованную озабоченность экологов, администрации, населения. О необходимости принятия срочных мер неоднократно говорилось в правительственных документах, резолюциях Байкальских Экологических Форумов, в многочисленных научных публикациях [1, 14, 22].

В соответствии с официальными данными в части центральной экологической зоны Байкальской природной территории, приходящейся на Иркутскую область (рис. 1), проживает всего 55737 человек, из них 42234 в городах и 13503 в сельской местности. Непосредственно на берегах оз. Байкал в Иркутской области проживает 46745 человек, в южной части (Слюдянский рай-

он) 39418, в средней (Иркутский район) 4000 и в северной (Ольхонский район) 6700 человек. Анализ экологической ситуации показывает, что ежедневно в Иркутской области в прибрежную территорию Байкала без очистки сбрасывается >3.3 тыс. м³ неочищенных сточных вод. Необходимо создание отвечающей современным требованиям системы водоотведения центральной экологической зоны Байкальской природной территории.

Разработка внесистемного проекта водоотведения для каждого поселка может привести к появлению большого количества разных видов обслуживания, что существенно повысит стоимость его эксплуатации и сервисного обслуживания. Поэтому руководством Иркутской области принято решение о разработке единой региональной

Обработка осадков сточных вод. В этой области также накоплен большой инженерный опыт.

При решении поставленной задачи необходимо учитывать исходные условия. Первое из них состоит в том, что при сбросе очищенной воды, согласно действующему законодательству, должны выполняться нормы: либо установленные в [10] при условии сброса непосредственно в оз. Байкал или в его притоки 1-го и 2-го порядка, либо – в [8] при условии сброса в Ангару. Второе связано с особенностями проектирования и строительства в Национальном парке, где любая хозяйственная деятельность регулируется Федеральным законом 1995 г. [18]. Наконец, третьим исходным условием могут быть сроки выполнения работ.

При соблюдении исходных условий оптимизируемыми показателями могут быть затраты на развитие системы водоотведения и/или количество видов оборудования при достижении заданных значений целевых показателей.

Для решения поставленной задачи с использованием накопленного инженерного опыта (например, [7, 16, 23]) разработан общий метод, суть которого заключается в следующем:

1) вся территория, где строится единая система водоотведения, делится на зоны по функционально-территориальному признаку; по возможности, зоны не должны оказывать непосредственное влияние одна на другую;

2) рассчитывается взаимное влияние друг на друга поселений внутри каждой зоны в части формирования объема и состава стока, режима его поступления, способы транспортировки;

3) для каждой зоны разрабатываются варианты построения системы водоотведения, включая выбор всех необходимых элементов; расчет проводится с учетом, во-первых, взаимовлияния внутри зоны при выборе конкретных технологических решений, во-вторых, рекомендуемых вариантов в других зонах; выбираются оптимальные из этих вариантов;

4) подсчитываются значения общих интегральных оптимизируемых показателей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предложенный метод использован при разработке региональной концепции построения системы водоотведения для части центральной экологической зоны Байкальской природной территории, приходящейся на Иркутскую область.

Первый этап разработки концепции – описание современного состояния водоотведения в поселениях центральной экологической зоны. Даны подробные характеристики сооружений, сетей водоотведения, их технического состояния. Для поселений, где нет централизованной системы

водоотведения, оценено количество и состояние септиков, способы их очистки, места вывозов канализационных стоков. Приводятся фактические данные о составе образующихся канализационных стоков. Полученные данные показывают, что более 50% жителей центральной экологической зоны не пользуются услугами централизованного водоотведения и из 87 поселений только в пяти построены централизованные системы водоотведения.

Далее следует произвести зонирование исследуемого региона. Иркутская часть центральной экологической зоны Байкальской природной территории разделена на следующие эксплуатационные и технологические зоны.

Иркутский район:

1) эксплуатационная и технологическая зона “Голоустное” включает с. Малое Голоустное и поселки Большое Голоустное и Нижний Кочергат;

2) эксплуатационная и технологическая зона “Листвянка” включает поселки городского типа Листвянка и Большая речка, поселки Черемшанка, Ангарские Хутора, Большие Коты, Никола;

Ольхонский район:

3) эксплуатационная и технологическая зона “Ольхонское” включает села Еланцы, Косая Степь, Бугульдейка, Онгурён, деревни Алагуй, Куреть, Нарин-Кунта, Тырган, Петрова, Попова, Хурай-Нур, Мухор-Булык, Тонта, Куртун, Таловка, Куяда, Кучулга, Куркут, Сахюрта, Шаратогот, Шида, Сарма, Курма, Зама, Кочерикова, заимки Борсой, Улан-Нур, урочище Халха-Узур, хутор Ялга-Узур, остров Хужир (село Хужир, поселки Харанцы, Хужир, Халгай, Песчаная, Узур, Ялга, Узур, заимка Усык, урочище Хадай);

Слюдянский район:

4) эксплуатационная и технологическая зона “Слюдянка” включает г. Слюдянку, ст. Пыловка, поселки Уланово, Шумиха, Пономарёвка, Половинная, Маритуй, Баклань, Шаражалгай, Ангасольская, Широкая, Култук, Сухой ручей, Буровщина, Муравей, Мангутай, посёлок железнодорожной станции Ангасолка, урочище Уланово;

5) эксплуатационная и технологическая зона “Байкальск” включает г. Байкальск, поселки Орехово, Утулик, Бабха, Солзан, Мурино, Паньковка-1, Паньковка-2, Новоснежная;

6) эксплуатационная и технологическая зона “Байкальский порт” включает пгт Байкал.

Кроме того, на первом этапе должен быть сформирован перечень бесхозяйных объектов централизованной системы водоотведения (в случае их выявления) и перечень организаций, уполномоченных на их эксплуатацию. В Иркутской части центральной экологической зоны Байкальской природной территории выявленных бесхозяйных объектов централизованной системы во-

Таблица 1. Проектные мощности водоочистки, фактическое поступление стоков и резервы мощности

Зоны	Муниципальное образование	Проектная мощность, м ³ /сут	Фактическая нагрузка, м ³ /сут	Резервы мощности, м ³ /сут	Приемник сброса очищенных сточных вод
1	КОС Листвянка	1400	700	700	р. Ангара
2	КОС “Город”	6000	2116	3884.0	р. Пахабиха
	КОС “Квартал” в г. Слюдянке	800	403	397	р. Пахабиха и далее оз. Байкал
3	КОС г. Байкальск	12000	6156	5844	оз. Байкал
4	КОС пос. Култук	400	420	–20	Поля фильтрации и далее оз. Байкал
5	КОС п. Ангасолка	226	187	39	р. Правая Ангасолка, далее оз. Байкал

доотведения, в том числе канализационных сетей, а также организаций, эксплуатирующих такие объекты, не обнаружено.

Задача **второго этапа разработки концепции**, выполняемого параллельно с первым, — формирование набора целевых показателей развития централизованной системы водоотведения. В этот набор включены следующие показатели:

а) надежности и бесперебойности водоотведения, определяются согласно Своду правил [15];

б) качества и санитарно-эпидемиологической безопасности обслуживания абонентов; необходимое качество обслуживания населения достигается за счет очистки сточных вод до нормативных показателей и регулярного вывоза сточных вод из септиков и оборудованных выгребных ям;

в) качества очистки сточных вод и степени их безопасности для окружающей среды.

На **третьем этапе** рассчитываются балансы сточных вод в системе водоотведения. В табл. 1 представлены проектные мощности существующих канализационных очистных сооружений (КОС), фактическое поступление стоков и резервы мощности. На этом же этапе оценивается фактическое поступление неорганизованного стока (сточных вод, поступающих с поверхности рельефа, — диффузного стока) по технологическим зонам водоотведения. Без очистки попадает на грунт и далее в оз. Байкал за сутки в среднем ~3400 м³.

Четвертый этап, параллельный с третьим, — анализ технологий очистки сточных вод и выбор наиболее эффективных для центральной экологической зоны Байкальской природной террито-

рии с учетом ее климатических особенностей, “холодных” стоков, сезонной неравномерности поступления стоков и, главное, исключительной строгости экологических требований к антропогенным воздействиям на озеро. Обосновано, что наиболее целесообразны технологии биологической очистки. Две из них представляются самыми эффективными. Это, во-первых, биологическая очистка с доочисткой на фильтрующих или сорбционных сооружениях: задержание грубодисперсных примесей — отделение песка — первичное отстаивание — аэробная и анаэробная биологическая очистка — вторичное отстаивание — доочистка — обеззараживание (рис. 2); во-вторых, глубокая биологическая очистка с удалением биогенных элементов (азота, фосфора) с доочисткой на фильтрующих и сорбционных сооружениях: задержание грубодисперсных примесей — отделение песка — первичное отстаивание — аэробная и анаэробная биологическая очистка, биохимическое удаление фосфора, вторичное отстаивание — сорбция — ультрафильтрация — обеззараживание (рис. 3).

Технологические схемы на рис. 2 и 3 даны в самом общем виде, их конкретные реализации по схемам университетов Кейптауна, Йоханнесбурга, Вирджинии или по технологической схеме Барденфо [17 (с. 112, 402–433)] рассматриваются при разработке конкретных проектов КОС для поселений.

В тексте единой концепции развития системы водоотведения приводится перечень производителей эффективного водоочистного оборудова-

**Рис. 2.** Схема биологической очистки с удалением азота.

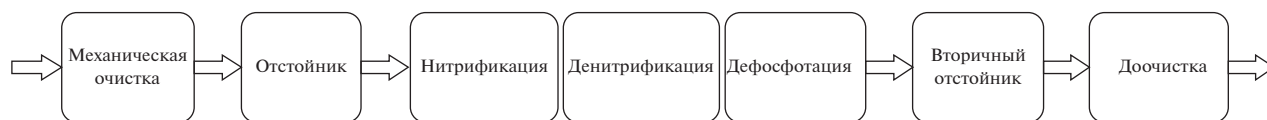


Рис. 3. Схема биологической очистки с удалением азота и фосфора.

ния, описаны современные технологии и оборудование для обработки осадка сточных вод, оборудование для повышения энергоэффективности очистных сооружений и т.п. [3, 4, 13, 21].

На **пятом этапе** рассчитываются прогнозируемые объемы образования сточных вод до 2030 г., выбираются пункты для строительства КОС и определяется их производительность.

Прогнозные производительности определяются на основе утвержденных планов социально-экономического развития и предусматривают канализование как существующих населенных пунктов, так и проектируемых и прогнозируемых объектов туристического обслуживания (эта отрасль переживает в Прибайкалье период бурного роста). Сроки строительства КОС, определение производительности их пусковых комплексов привязаны к срокам достижения основных показателей социально-экономического развития, а также к срокам реализации различных программ и проектов.

В качестве основных КОС планируются:

строительство КОС в с. Малом Голоустном производительностью 350 м³/сут и в п. Большом Голоустном производительностью 500 м³/сут;

реконструкция КОС в Листвянке с обеспечением производительности 1400 м³/сут; рассматривается также вариант строительства коллектора для правобережных очистных сооружений г. Иркутска;

для муниципальных округов:

Хужирское — комплектно-блочные очистные сооружения (КБОС) производительностью 600 м³/сут для п. Хужир, блочно-модульные очистные сооружения производительностью 50 м³/сут для д. Халгай, очистные сооружения производительностью 1000 м³/сут в составе 1-й очереди (2020 г.) на полигоне Имел-Кутул;

Бугульдейское — КБОС производительностью 230 м³/сут в составе 3-й очереди (2030 г.);

Еланцынское — КБОС производительностью 1000 м³/сут в составе 2-й очереди (2025 г.);

Куретское — КБОС производительностью 200 м³/сут в составе 3-й очереди (2030 г.);

Онгурейское — КБОС производительностью 150 м³/сут в составе 1-й очереди (2020 г.).

Данные по реконструкции и строительству новых КОС в зоне Слюдянки представлены в табл. 2.

На **шестом этапе разработки концепции** формулируются предложения по реконструкции, модернизации и строительству новых сооружений и сетей в эксплуатационных и технологических зонах централизованной системы водоотведения. Для каждого поселения каждой эксплуатационной и технологической зоны рассматриваются минимум два варианта модернизации существующей системы водоотведения либо строительства новой. Варианты сравниваются по целевым показателям, характеризующим: 1) надежность и бесперебойность водоотведения; 2) качество обслуживания абонентов; 3) качество очистки воды; 4) эффективность использования ресурсов при транспортировке сточных вод; 5) соотношение затрат на реализацию мероприятий инвестиционной программы и их результат — улучшение качества очистки сточных вод. При этом может быть проведена корректировка результатов третьего этапа (в части выбора пунктов строительства КОС и их производительности).

После сравнения по целевым показателям определяется оптимальный вариант развития системы водоотведения, в котором указаны места размещения КОС и канализационных насосных станций (КНС), расположение магистральных сетей, автомобильные и иные маршруты доставки стоков на КОС. Затем для выбранного варианта составляется ведомость необходимого оборуду-

Таблица 2. Очистные сооружения в зоне Слюдянки

Зоны	Муниципальное образование	Проектная мощность, м ³ /сут	Перспективная нагрузка, м ³ /сут	Резервы мощности, м ³ /сут	Сброс очищенных сточных вод
1	КОС г. Байкальск (действующая)	12000	6437.84	5562.16	в оз. Байкал
2	КОС р. Быстрая	5000	4500		в р. Быстрая
3	КОС Порт Байкал	100			

дования, включая КОС, КНС, диаметр и длину магистральных и квартальных сетей, количество накопительных емкостей, септиков, ассенизаторских машин, водовыпусков.

В качестве примера на рис. 4 представлены варианты решений по отведению сточных вод в другие водные объекты от оз. Байкал. Согласно рис. 4а, сточные воды от пос. Листвянка и группы туристических баз могут отводиться напорно-безнапорным коллектором протяженностью 72 км на Левобережные КОС г. Иркутска. Согласно рис. 4б, в Южной части Байкала стоки от всех населенных пунктов и г. Слюдянки будут собираться автомобильным, железнодорожным и трубопроводным транспортом на новые КОС в п. Култук. После очистки до рыбохозяйственных норм стоки будут перебрасываться в р. Быструю (приток р. Иркут, впадающей в Ангарау) напорными трубопроводами в две нитки диаметром 400 мм.

Для случая утверждения более “мягких” нормативов качества очищенных сточных вод, сбрасываемых в оз. Байкал, предложен другой технологический вариант системы водоотведения со сбросом в притоки озера.

На седьмом этапе разработки концепции рассматриваются экологические аспекты мероприятий по строительству и реконструкции объектов централизованной системы водоотведения. Рассчитывается объем предотвращенного экологического ущерба в физических показателях — тоннах загрязняющих веществ, которые могли бы попасть в оз. Байкал, и в стоимостном выражении. Даются общие рекомендации по экологически безопасному размещению очистных сооружений.

На восьмом этапе, выполняемом параллельно с седьмым, оценивается потребность в капитальных вложениях в строительство, реконструкцию и модернизацию объектов централизованной системы водоотведения.

На основании приказа Минстроя России 2017 г. [9] при проектировании рассчитываются затраты на сооружение объектов системы водоотведения: септиков, сетей, локальных очистных сооружений, очистных станций, инженерной инфраструктуры. Помимо капитальных затрат, рассчитываются показатели текущих затрат: оценки удельных энергозатрат, затрат на реагенты, эксплуатационных затрат. Совокупность всех этих оценок необходима для анализа эффективности сооружений в целом.

Стоимость систем сбора и очистки хозяйственно-бытовых сточных вод существенно зависит от нормативов очистки сточных вод. Различаются водоемы рыбохозяйственного, питьевого и культурно-бытового назначения. Сбросы очищенной сточной воды в водоемы рыбохозяй-

ственного назначения регулируются нормативами, установленными в [8]. Российская проектная школа, российская промышленность при проектировании и производстве оборудования в настоящее время руководствуются именно этими нормативами, хотя стоимость таких систем зачастую превышает возможности сельского населения оплачивать хотя бы только эксплуатацию построенных сооружений.

Для сброса очищенных сточных вод в оз. Байкал разработаны другие нормативы [10]. Следование этим нормативам привело бы к непомерному удорожанию системы, поскольку, как показано в [12], повышается себестоимость сбора и очистки сточных вод в несколько раз. Реализация системы, обеспечивающей такие нормативы качества сточных вод, возможна только при приоритетном финансировании из федерального бюджета.

В табл. 3 приведены объемы капитальных вложений и удельная стоимость сбора и очистки 1 м³ хозяйственно-бытовых сточных вод в центральной экологической зоне Байкала по эксплуатационным и технологическим зонам (для случая рыбохозяйственных нормативов).

На данном этапе разрабатываются также конкретные технические задания на проектно-изыскательские работы для выделенных эксплуатационных и технологических зон Байкальской природной территории, приходящейся на Иркутскую область, с учетом инфраструктуры и топографических особенностей местности.

На девятом этапе разработки концепции формируется административная схема управления системой водоотведения. Для единой централизованной системы водоотведения Иркутской части центральной экологической зоны Байкала (ЕЦСВ-Байкал) предложена следующая схема. Главное управление ЕЦСВ-Байкал находится в Иркутске и подчиняется Министерству жилищной политики, энергетики и транспорта Иркутской области. Задачи Главного управления следующие: координация работ территориальных управлений, проведение единой технической политики, разработка технологических и эксплуатационных регламентов, ремонтное обслуживание, закупка новой техники, финансовая поддержка. В состав ЕЦСВ-Байкал входит и центральное техническое управление.

Территориальные сервисные центры выделенных шести эксплуатационных и технологических зон располагаются в Байкальске, Слюдянке, Листвянке, Малом Голоустном, Еланцах, Порте Байкал. Их задачи следующие: платное предоставление населению услуг по сбору, транспортировке и очистке сточных вод, эксплуатация средств сбора и транспортировки сточных вод, включая коллекторные сети, эксплуатация



Рис. 4. Рекомендуемые схемы водоотведения в средней (вверху) и южной (внизу) зонах оз. Байкал.

Таблица 3. Стоимостные показатели системы водоотведения

№	Названия эксплуатационной и технологической зон	Рыбохозяйственные нормы		Нормы [10]	
		капитальные вложения, млн руб.	удельные затраты, млн руб.	капитальные вложения, млн руб.	удельные затраты, млн руб.
1	Голоустное	298	307	1800	1700
2	Листвянка	630	232	—	—
3	Ольхонская	2636	662	10800	2712
4	Слюдянка, Байкальск, Порт-Байкал	868	83	1220	114
	Итого	4432		13800	

очистных сооружений, эксплуатация средств и сооружений обработки осадка, содержание и обслуживание биологических прудов, прудов испарения.

Все оборудование и сооружения, соответствующие земельные участки находятся в государственной собственности; организации, уполномоченные на эксплуатацию сооружений и сетей, могут иметь как государственную, так и частную форму собственности. В последнем случае отношения с государственными органами регулируются действующим законодательством (такой опыт имеется в Иркутской области).

Природоохранные органы Иркутской области осуществляют плановый экологический инструментальный мониторинг сбросов в водные объекты, выбросов в воздух, экологического состояния прудов-накопителей и прудов-испарителей, если они не являются технологическими элементами цепи сооружений очистки сточных вод и обработки осадка.

На этом этапе также рассчитываются календарные сроки выполнения работ по сооружению каждой эксплуатационной технологической зоны. Программа реализации региональной концепции построения системы водоотведения для части центральной экологической зоны Байкальской природной территории, приходящейся на Иркутскую область, рассчитана на 10 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Единство технической политики в концепции построения системы водоотведения организационно обеспечивается структурой единой административной схемы централизованного управления системой. Предлагаемая концепция развития системы водоотведения в центральной экологической зоне Байкальской природной территории обеспечивает достижение поставленных экологических и социальных целей, гарантирует эффективное использование средств, позволяет подготовить и реализовать административно-управленческие решения по развитию Иркутской

части центральной экологической зоны оз. Байкал. Предложенные решения являются не простым сложением схем водоотведения для каждого поселения, а результатом системного анализа ключевой для Байкала экологической проблемы и применения программно-целевого метода для всей рассматриваемой территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вологодина К.В. Эколого-правовые аспекты охраны озера Байкал // Экол. право. 2017. № 6. С. 21–24.
2. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Изд-во ассоциации строительных вузов, 2006. 702 с.
3. Голина Е.С., Саломеев В.П., Побегайло Ю.П., Макиша Н.А. Устройство, особенности строительства и эксплуатации индивидуальных очистных сооружений в РФ // Вестн. ИРНИТУ. 2014. № 10. С. 142–147.
4. Голина Е.С., Саломеев В.П., Ружицкая О.А., Побегайло Ю.П., Макиша Н.А. Методологический подход к решению вопросов реконструкции очистных сооружений // Водоснабжение и сан. техника. 2013. № 6. С. 33–37.
5. Голина Е.С., Шмалько В.М., Толстой М.Ю. Технологии очистки сточных вод в условиях байкальской природной территории // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 7. С. 11–15.
6. Непогодин А.М., Пластинина Е.В., Дягелев М.Ю. Обзор современных технологий удаления азота и фосфора из городских сточных вод // Сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов “Экология и безопасность в техно-сфере: современные проблемы и пути решения”. Т. 1. Томск, 2015. С. 206–211.
7. Об утверждении Схем водоснабжения и водоотведения г. Иркутск на 2015, 2020 и 2025 годы. Постановление администрации г. Иркутска от 12.03.2014 № 031-06-249/14 (Электронный ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/440524374>)
8. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Приказ Минсель-

- хоза России от 13 декабря 2016 г. № 552 (Электронный ресурс: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minselhoza-Rossii-ot-13.12.2016-N-552/>)
9. Об утверждении укрупненных сметных нормативов. Приказ Минстроя России от 1 июня 2017 г. № 837/пр/ (Электронный ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/456071014>)
10. Приказ Минприроды России от 5 марта 2010 г. № 63 “Об утверждении нормативов предельно допустимых воздействий на уникальную экологическую систему озера Байкал и перечня вредных веществ, в том числе веществ, относящихся к категориям особо опасных, высокоопасных, опасных и умеренно опасных для уникальной экологической системы озера Байкал” (Электронный ресурс: <https://base.garant.ru/12176656/>)
11. Пукемо М.М. Адаптивные технологии очистки сточных вод для озера Байкал (опыт и инициативы) // Перспективы науки. 2017. № 3 (90). С. 94–99.
12. Пукемо М.М., Данилович Д.А. Недостижимые нормативы для очистных сооружений озера Байкал // Экология и пром-сть России. 2018. Т. 22. № 7. С. 25–32.
13. Пупырев Е.И. Малые очистные сооружения – перспективное направление исследований и разработок // Водоснабжение и сан. техника. 2017. № 3. С. 4–7.
14. Пупырев Е.И., Самбурский Г.А. Системы водоотведения в природной зоне Байкала // Экология и пром-сть России. 2018. Т. 22. № 7. С. 2–8.
15. Свод правил 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (Электронный ресурс <http://docs.cntd.ru/document/1200094155>)
16. Стрелков А.К., Бирюков В.В., Шувалов М.В., Егорова Ю.А. Концепция развития и реконструкции систем водоснабжения и водоотведения городского округа Самара // Водоснабжение и сан. техника. 2018. № 12. С. 4–9.
17. Технический справочник по обработке воды. Т. 1 // СПб.: Новый журн., 2007. 1775 с. Пер. с франц.
18. Федеральный закон от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ “Об особо охраняемых природных территориях” (с изменениями и дополнениями) (Электронный ресурс: <https://base.garant.ru/10107990/>)
19. Хенце М., Армозс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. М.: Мир, 2006. 471 с.
20. Чупин В.Р., Чупин Р.В., Алексеев А.В., Новицкий Н.Н. Перспективная схема развития систем водоснабжения и водоотведения г. Иркутска и Иркутского района // Водоснабжение и сан. техника. 2017. № 11. С. 26–35.
21. Чупин Р.В., Примин О.Г. Обоснование параметров новых и реконструируемых систем водоотведения в условиях неопределенности перспективного потребления воды и сброса стоков // Водоснабжение и сан. техника. 2017. № 11. С. 36–45.
22. Чупин Р.В., Пукемо М.М., Мелехов Е.С., Чупин В.Р. Совершенствование методики оптимизации и разработка предложения по созданию единой схемы водоотведения центральной экологической зоны байкальской природной территории на примере Слюдянского района Иркутской области // Изв. вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. № 1(Т9). С. 144–157.
23. Чупин Р.В., Фам Н.М. Оптимизация вариантов развития систем водоотведения // Изв. вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2016. № 3(18). С. 101–113.