



Методы управления источниками поверхностного стока в странах Европы и возможность их применения в Санкт-Петербурге

Я.Э. Бегич ^{1*}, П.А. Шерстобитова ², Е.А. Морина ³, А.И. Макаров ⁴

¹⁻⁴ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

doi: 10.18720/CUBS.65.4

ИСТОРИЯ

Подана в редакцию: 29.12.2017

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Поверхностный сток;
экология;
очистление стоков;
методы управления поверхностным стоком;
Smart city;
умный город;
система канализации.;

АННОТАЦИЯ

Рост городов, уменьшение площади зеленых насаждений, увеличение количества осадков ведет к возрастанию объема сточных вод, а также к росту нагрузки на систему городской канализации и очистные сооружения. Для предотвращения данных негативных последствий в г. Санкт-Петербург авторы рассматривают опыт применения методов управления поверхностными стоками (структурные и неструктурные методы) в странах Европы. Статья содержит в себе рекомендации, которые позволят внедрить методы контроля источников, наладить эффективное взаимодействие различных заинтересованных сторон, а также значительно уменьшить объемы поверхностных стоков в Санкт-Петербурге.

Содержание

1.	Введение	60
2.	Методы управления поверхностным стоком в странах Европы	61
3.	Заключение	65

Контактная информация:

- 1* +7(981)7030960, yasmin1010@yandex.ru (Бегич Ясмин Эдинович, студент)
 2 +7(911)2250549, polya-sherstobitova@yandex.ru (Шерстобитова Полина Андреевна, студент)
 3 +7(911)8360769, lenusik_ya_ne@mail.ru (Морина Елена Андреевна, студент)
 4 +7(911)8375750, almak17@yandex.ru (Макаров Алексей Игоревич, студент)

1. Введение

Одним из главных источников загрязнения природных водоемов являются сточные воды, формируемые на урбанизированных территориях. Так называют любые воды, в том числе и выпадающие в виде атмосферных осадков, которые отводятся с территории населенных пунктов и промышленных предприятий системой труб или каналов (система канализации) [1-3].

Современный город представляет собой среду со значительным процентом непроницаемых для атмосферной влаги покрытий (покрытия дорог и тротуаров, стоянок автотранспорта, промышленных территорий, крыш зданий). Это приводит к тому, что объем поверхностного стока, формируемого на территории города, значительно превышает объем поверхностного стока, формируемого в естественных ландшафтах, где существенная часть влаги впитывается в почву, а также расходуется растениями. Измененный гидрологический режим города может производить в 5 раз больше поверхностного стока, чем, например, эквивалентная территория, занятая лесом [4-7]. Более того, поверхностный сток на урбанизированной территории в процессе своего формирования накапливает значительное количество примесей [8-12].

Санкт-Петербург – крупный мегаполис, расположенный на берегу Финского залива с развитой промышленной и транспортной инфраструктурой. Масштабы города определяют степень его ответственности за состояние Балтийского моря перед международным сообществом - участниками Хельсинкской Конвенции 1992 года. [13-16].

Сегодня в Петербурге проходят очистку 98,5% всех стоков. Прогноз роста осадка. На очистных сооружениях обеспечена очистка в полном соответствии с рекомендациями Хельсинкской комиссии по защите Балтики. Одним из крупнейших экологических проектов, направленных на прекращение сброса неочищенных сточных вод в водоемы города, стало строительство Главного канализационного коллектора северной части города. Благодаря Главному коллектору в систему коммунальной канализации переключено 76 прямых выпусков неочищенных хозяйственно-бытовых, общесплавных сточных вод расходом 334 тыс. м³/сут, раньше вся эта грязь оказывалась в Неве и Финском заливе [17-24].

Мероприятий по переключению прямых выпусков и прекращению сброса неочищенных сточных вод в водные объекты описаны в статье «Перспективы отведения и очистки поверхностного стока в Санкт-Петербурге», более того в ней подробно изучены технологические решения по очистке общесплавного и хозяйственно-бытового стока до требуемых показателей качества [15].

В статьях [25-33] говорится о том, что все больше городов в нашем мире берут на себя инициативы борьбы со сбросом неочищенных сточных вод в водные объекты города, для улучшения экологической обстановки в городах, а также для присвоения им статуса Smart city. Концепция Smart city включает в себя большое количество мер и методов по улучшению экологической обстановки на урбанизированных территориях и, конечно, большую роль в этой концепции занимает очистка сточных вод от различных видов загрязнений [34-43].

В монографии Дегтярева Г. В., Свистунова Ю. А. приведены сведения об источниках загрязнения поверхностных вод и земли. Рассмотрели методы и технические средства борьбы с загрязнениями. Привели теоретические и экспериментальные исследования средств очистки воды, которые позволяют оптимизировать как конструктивные параметры устройств, так и технологии на их основе в целом [44].

Прогноз роста осадка (от текущего уровня в 648 до 766 мм в год) был отмечен Артемом Павловским на круглом столе «Сотрудничество ЕС и РФ в области низкоуглеродного энергетического будущего: перспективы и возможности», более того эти данные подтверждает книга Алексеева Г. В. «Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации [45,46].

Рост городов, уменьшение площади зеленых насаждений, увеличение количества осадков ведет к возрастанию объема сточных вод, а также к росту нагрузки на систему городской канализации и очистные сооружения, что влечет за собой:

- перегруз систем канализации;
- сокращению сроков эксплуатации оборудования для очистки [47-57].

Поэтому важно разработать ряд мероприятий, для предотвращения данных негативных последствий, обратившись к опыту стран Европы.

Целью данной обзорной работы состояла в отборе существующих и перспективных стратегий сокращения объемов и загрязнений поверхностного стока для г. Санкт-Петербурга.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- рассмотреть методы сокращения объемов поверхностного стока и его очистки;
- изучить опыт управления поверхностными стоками на примере стран Европы.

На сооружения для обработки осадков приходится до половины всех затрат на строительство и эксплуатацию современных очистных сооружений [58,59]. Отсюда понятно, какое значение имеют правильный выбор методов очистки и сокращения количества сточных вод, а также грамотный выбор системы управления поверхностными стоками.

2. Методы управления поверхностным стоком в странах Европы

Большое количество поверхностных стоков – проблема мегаполисов стран Европы в связи с характерным для них большим потоком автомобилей и уменьшением площади фильтрационных поверхностей из-за увеличения непроницаемых для атмосферной влаги покрытий покровов [60-63].

Руководство Санкт-Петербурга поддерживает концепцию Smart city, которая заключается в создании города с наименьшим влиянием на окружающую среду, а значит целесообразно рассмотреть опыт управления поверхностным стоком на примере стран Европы. [64-68].

Директива Европейского парламента и Совета 2007/60/ЕС от 23 октября 2007 г. с ее строгими требованиями к качеству поверхностных стоков делает применение методов контроля источников важным [69-71].

Контроль в месте образования предусматривает комплекс мер по сокращению объема образующегося поверхностного стока либо предотвращение его образования. Контроль в месте сброса стока представляет собой разработку разнообразных очистных сооружений, располагаемых на выходе из коллектора дренажной ливневой канализации [72-74].

В схеме 1 собраны методы управления источниками поверхностного стока, применяемые в странах Европы [75-83]

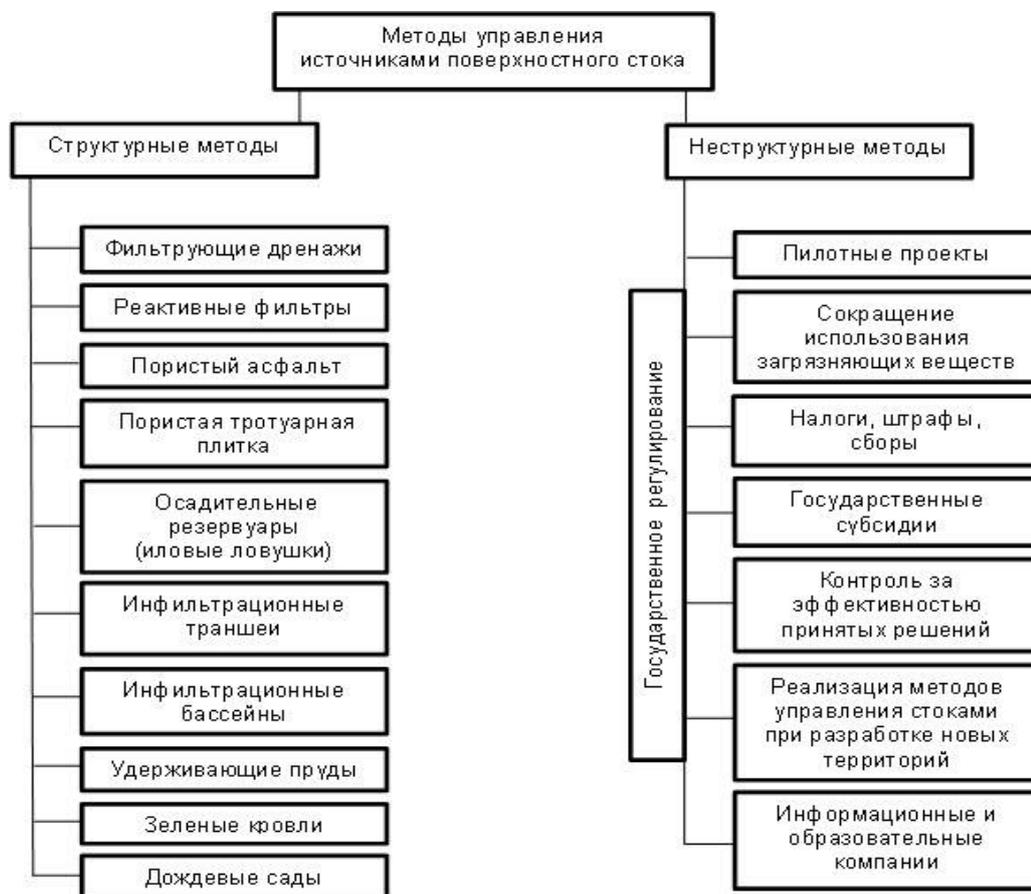


Схема 1. Методы управления источниками поверхностного стока

С учетом сложности процесса формирования поверхностного стока и большого числа факторов, оказывающих влияние на его состав, выбор оптимальной комбинации методов очистки должен предусматривать решение ряда вопросов [84-86]:

- 1) возможность достижения требуемого уровня очистки и эффективности для достижения заданного уровня очистки;
- 2) стоимость эксплуатации и технического обслуживания требуемых сооружений;
- 3) особенности водосборной территории, учет имеющихся ограничений (наличия свободных территорий, доступность для служб технического обслуживания и т.п.);
- 4) социальные вопросы (эстетика, безопасность);
- 5) возможности смягчить другие по следствия урбанизации, случайные воздействия на окружающую среду и текущее состояние створа и водосбора [87].

Эффективное управление поверхностным стоком, образующимся на урбанизированных территориях, возможно только при учете всех особенностей его формирования на данной территории и должно быть направлено как на предотвращение подтоплений и перегрузок дренажной системы, так и на предотвращение попадания в окружающую среду загрязняющих веществ, т.е. на уменьшение объема стока и увеличение емкости дренажной сети, с одной стороны, и на снижение загрязненности стока с другой [88, 89].

Важно обратиться к опыту стран Европы, которые уже давно ведут политику по очищению и управлению поверхностными стоками, для грамотного выбора системы управления для города Санкт-Петербурга [90].

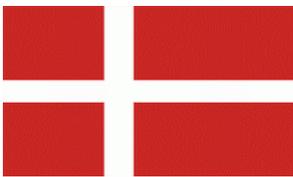
Опыт управления поверхностными стоками на примере стран Европы [91-99]

Швеция



В Швеции существуют государственные компании, которые отвечают за энергетические, транспортные, водные и канализационные сети и т. д. В Стокгольме были построены дорогие очистные сооружения, которые улучшили качество окружающих вод, но в настоящее время местное правительство решает внедрить методы контроля источников во все новые проекты. В целях содействия использованию методов контроля источников с владельцев собственности берется плата за ливневую воду (на 1 м² непроницаемой поверхности). Если владелец собственности реализует методы контроля источника, он платит меньше. Уличный департамент также оплачивает эти сборы. Департамент канализации активно рекламирует новые методы контроля и предлагает техническое руководство владельцам недвижимости. Новые проекты строительства и реабилитации включают экспериментальные применения методов контроля источников (ограничения в строительных материалах, повторное использование ливневых вод, эстетические городские каналы и т. д.).

Дания



Дания имеет почти идентичную систему государственных компаний, которые организуют городское развитие в данной области. Для финансирования управления ливневыми стоками на национальном уровне налоги на отвод вод были разделены на две части: 60% - на управление канализационными стоками и 40% - управлению ливневыми стоками. В некоторых городах были построены очистные сооружения, но большинство из пользователей выбрали построенные водно-болотные угодья и пруды, чтобы улучшить экологическое качество городских потоков. Муниципалитеты и местные власти пытаются внедрить в каждый крупный проект новые способы и методы управления источниками, разработанные с помощью передовых научных институтов. С аналогичной целью водопроводные департаменты предлагают стимулы для собственников: более низкие затраты на дренаж, возмещение 40% платы за подключение дренажа (что составляет 1760 евро в Копенгагене) и техническую помощь. В настоящее время проводятся кампании в области общественного информирования.

Нидерланды



В Нидерландах муниципалитеты и отрасли платят взносы водным компаниям в соответствии со сбросами загрязняющих веществ. Применение этой политики вынудило многие муниципалитеты построить новые очистные сооружения с возможностью обработки как сточных вод, так и ливневых вод. Некоторые из них предпочли параллельно осуществлять отключение ливневой канализации от канализационной сети. Эти проекты оказались успешными, и в новой национальной политике предусматривается отключение 20% существующих городских районов от канализационной сети, сохранение ливневых вод в сельских районах и использование методов контроля источников во всех новых городских проектах. Муниципалитеты реализуют проекты по контролю за источниками, организуют общественные информационные кампании, предлагают техническое руководство и финансовую помощь владельцам домов, которые хотят отключиться от канализационной сети. Ливневая вода имеет гораздо лучшее качество, чем вода в хозяйственно-бытовой канализации, и поэтому предпочтительнее использовать ее повторно.

Германия



В Германии федеральная система позволяет каждой области выбирать свою собственную политику. Например, область Северного Рейна-Вестфалии требует внедрения методов контроля ливневых вод во все новые проекты и предлагает финансирование исследований, генеральных планов ливневых вод и инфильтрации. Деньги собираются у муниципалитетов и водохозяйственных компаний, которые предлагают техническое руководство для муниципалитетов в отношении методов контроля источников и координации управления ливневыми стоками. Муниципалитет, в сотрудничестве с его водной компанией, является ключевым действующим лицом, которое внедряет контроль методов в общественных местах и поощрения их в частном секторе.

В Дрездене водная компания собирает налоги на основе непроницаемой поверхности имущества от владельцев недвижимости и муниципалитета (последний облагается налогами на дорогах). Дрезден повторно использует дождевую воду для хозяйственных нужд и организывает общественные кампании по продвижению методов контроля источников. Водная компания предлагает техническое руководство по внедрению методов управления источниками в частной собственности. Инфильтрация и повторное использование ливневых вод для садоводства и уборки улиц довольно популярны в Германии.

Франция



Во Франции, согласно Закону 1992 года о воде, муниципалитеты должны определить будущие зоны стока на их территории. Было доказано, что существующие удерживающие бассейны очень дороги, поэтому муниципалитеты, уезды и межмуниципальные службы в настоящее время предпочитают небольшие местные проекты. Специальное разрешение должно быть выдано по всем важным проектам, касающимся сброса дождевой воды, искусственной инфильтрации и создания непроницаемых участков более 5 гектаров. Городские власти потребовали от землевладельцев применять методы управления источниками, чтобы обеспечить долгую работу системы канализации. Лигузская агломерация решила, что наилучшие результаты с наименьшими затратами могут быть достигнуты путем создания прудов и построенных водно-болотных угодий в пригородных районах. По этой причине городские муниципалитеты будут совместно финансировать установки с районными муниципалитетами. Крупные координаторы, такие как Водные агентства, округа и регионы, спонсируют методы контроля источников в существующих городских районах и пилотные проекты.

Великобритания



В Соединенном Королевстве большинство городских проектов полностью управляются частными компаниями. Региональные компании по водоснабжению и канализации были полностью приватизированы в 1989 году. Все новые городские проекты должны гарантировать долгосрочное управление ливневыми стоками. Агентству по охране окружающей среды необходимо сопоставить зоны наводнений и установить местные ограничения на сброс сточных вод (5-10 л/га), на которые они дают разрешения и собирают годовые платежи от пользователей. Сборы снижаются, если разработчик следует техническому руководству Агентства (например, использование построенных водно-болотных угодий и объектов инфильтрации). Затем муниципалитеты могут назначать более строгие обязательства пере разработчиками. Окончательные критерии являются результатом переговоров между разработчиком муниципалитетом, канализационной компанией и Агентством по охране окружающей среды. Многие муниципалитеты часто требуют экологических «зеленых» методов контроля источников (небольшие построенные водно-болотные угодья, «зеленые» крыши, дождевые сады и т.д.), реабилитации канализационных потоков и повторного использования ливневых вод.

Данный обзор информации о методах управления поверхностными стоками в некоторых европейских странах показывает, что все они движутся в одном направлении на уровне государственной политики в решении вопроса поверхностных стоков (структурные и неструктурные методы, см. схему 1).

Санкт-Петербург также движется в направлении регулирования сточных вод. Так в конце 2013 года правительство Санкт-Петербурга совместно с ГУП "Водоканал Санкт-Петербурга" приняло Схему водоснабжения и водоотведения на период до 2025 года, согласно которой к 2020 году будет полностью прекращен сброс неочищенных хозяйственно-бытовых, общесплавных сточных вод в водные объекты города. Более того, правительство Санкт-Петербурга подготовило ряд мер, для того чтобы достичь максимального результата [20]:

- завершение модернизации существующих и строительство новых канализационных очистных сооружений. Выполнение этих работ позволит исключить отрицательное воздействие водоема и обеспечит выполнение рекомендаций Хельсинкской комиссии по защите Балтийского моря;
- переработка осадка сточных вод, складированного на полигонах «Северный» и «Волхонка», до экологически безопасного состояния. В результате будет исключено негативное воздействие этих полигонов на окружающую среду, исчезнет источник неприятного запаха, улучшится качество жизни горожан на соседних территориях;
- строительство коллекторов-дублеров и кольцуемых тоннельных коллекторов, а также реконструкция коллекторов и канализационных сетей. Это повысит надежность системы канализации;
- создание системы управления канализацией Санкт-Петербурга. Это обеспечит развитие системы измерений количества и качества стоков с автоматизацией управления канализационными сетями, тоннельными коллекторами, насосными станциями и очистными сооружениями, а также - повысит энергоэффективность;
- подключение к централизованной системе водоотведения потребителей как на вновь развиваемых территориях (в том числе – граничащих с городом областных территориях), так и 70 исторически сложившихся территориях городских пригородов (где сейчас система централизованного водоотведения отсутствует). Для этого будут построены сети и объекты централизованной системы водоотведения, включая канализационные насосные станции (разделение систем ливневой и хозяйственно-бытовой канализации).

В таблице 1 мы видим правовой статус водопроводных и канализационных компаний, ответственных за управление городскими поверхностными стоками.

Таблица 1. Правовой статус водопроводных и канализационных компаний, контролирующих поверхностные стоки в странах Европы и в г. Санкт-Петербург

	Государственные	Некоммерческие	Частные
Швеция	+	+	
Дания	+	+	
Нидерланды	+	+	
Германия	+		+
Франция	+		+
Великобритания			+
Санкт-Петербург	+		+

В таблице 2 показаны используемые финансовые средства для обеспечения управления городскими ливневыми водами в странах Европы в сравнение с Санкт-Петербургом.

Таблица 2. Используемые финансовые средства для обеспечения управления городскими ливневыми водами в странах Европы и в г. Санкт-Петербург

	Гос. финансирование	Сборы, зависящие от расхода воды	Сборы, зависящие от выбросов загрязняющих веществ	Сборы, зависящие от непроницаемости поверхности
Швеция	+	+		+
Дания	+	+		
Нидерланды	+		+	
Германия	+	+		+
Франция	+			+
Великобритания		+	+	
Санкт-Петербург	+	+		

Опыт рассмотренных стран указывает на то, что очистные сооружения очень дороги. Лучший способ сократить расходы - это интегрировать методы управления источниками в городские проекты и иметь многофункциональные объекты очистки.

Переход от общесплавной системы канализации к городским интегрированным методам управления источниками нелегкий. Все рассмотренные страны Европы столкнулись со значительными трудностями:

- большие усилия по налаживанию сотрудничества с заинтересованными сторонами (дорожные службы, службы парков, градостроители, архитекторы и т. д.) и гражданами.
- введение городской гидрологии в муниципальные проекты.
- интегрирование новых специалистов в сферу водоканала (градостроители, инженеры по охране окружающей среды, специалисты по связям с общественностью и т. д.).

Но, несмотря на это, цель была достигнута благодаря: новому законодательству, системам контроля и санкций муниципальными органами власти, финансированию исследовательских и экспериментальных проектов, проведению информационных кампаний, технической и финансовой помощи со стороны государства.

3. Заключение

В современных городских условиях поверхностный сток является значимым источником загрязнения водоемов. Существует большое разнообразие разработанных методов контроля поверхностного стока с урбанизированных территорий, которые уже давно применяются в странах Европы.

Как видно, правительство Санкт-Петербурга уже запланировало некоторые мероприятия по улучшению водоотведения на территории города (Схема водоснабжения и водоотведения на период до 2025 года), такие как:

- подключение к централизованной системе водоотведения потребителей как на вновь развиваемых территориях, так и на уже существующих;
- создание системы управления канализацией Санкт-Петербурга;
- реконструкция и строительство очистных сооружений поверхностного стока (Пулково-3);
- обновление и строительство уличной сети раздельной дождевой системы водоотведения.

Все это, безусловно, улучшит положение вещей по этому вопросу, но не решит проблемы перегруза систем канализации и уменьшение сроков эксплуатации оборудования для очистки из-за высокой нагрузки. Как показывает опыт европейских стран, в большинстве случаев оптимальным (экономичным) является не очистка образующегося стока, а контроль или предотвращение его образования, или применения не одного, а целого комплекса мер. Именно поэтому важно непосредственно применять широкомасштабные методы управления ливневыми стоками и контроля источников для Санкт-Петербурга, а именно:

- реализовывать пилотные проекты в области контроля поверхностных стоков (исследования, новые разработки);
- сокращать использование загрязняющих веществ;
- вести государственное регулирование;
- использовать информационные кампании и различные экономические льготы для побуждения многих собственников к осуществлению сбора ливневых вод;
- реализовывать методы управления поверхностными стоками при разработке новых территорий;
- внедрять структурные методы управления источниками поверхностного стока для большинства территорий Санкт-Петербурга (см. схему.1);
- применять крупномасштабный сбор ливневых вод для муниципального использования (уборка улиц).

Методы управления источниками поверхностного стока (структурные и неструктурные) могут предложить экономически эффективное регулирование ливневыми стоками, одновременно защищая городские водоемы. Все это позволит сэкономить на строительстве мощных очистных сооружений, а также увеличении пропускной способности существующей канализационной сети.

Важно обратить внимание, что при выборе метода необходимо руководствоваться как характеристиками территории, сток с которой должен быть подвергнут очистке, так и характеристиками самого стока и особенностями выбранного метода, что дает поле для новых исследований.

Литература

- [1]. Ким А. Н., Захаревич М. Б., Романова Ю. В. Актуальные проблемы поверхностного стока с территории городов и практические пути их решения Вестник гражданских инженеров. – 2014. – №. 1. – С. 87-94.
- [2]. Ивкин П. И. и др. Эффективность очистных сооружений ливневого стока проточного типа //Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – №. 1. – С. 52-58.
- [3]. Кармазинов Ф. Высокие технологии чистой воды Родина. – 2011. – №. 3. – С. 44-45.
- [4]. Carter, T. Ecological impacts of replacing traditional roofs with green roofs in two urban areas // Cities and the Environment. – 2008. – Vol. 1, Issue 2/9. – P. 1–17.
- [5]. Saget, A. Urban discharges during wet weather: What volumes have to be treated? // Water Science Technology. - 1995. – Vol. 32, Issue 1 – P. 225–232.
- [6]. Морозова Л. А., Бармин А. Н., Гурьева М. С. Развитие системы канализации и перспективы очистки сточных вод в городах России //Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2007. – С. 29.
- [7]. Пинкин А. В., Касаткин А. В., Артемов А. В. Фильтры для удаления загрязняющих веществ из поверхностных сточных вод и систем оборотного водоснабжения Экология и промышленность России. – 2011.– №.12. – С. 15-17.
- [8]. Молодкина Л.М. Методы очистки питьевых, природных и сточных вод: учебное пособие. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 275 с.
- [9]. Barashkova P.S., Molodkina L.M., Korovina M.D. Both Sided Irradiated Track Membrane in Local Water Supply // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 3 (71). С. 68-75.

- [10]. Алимova А. Ф., Бариева Э. Р. Повышение эффективности очистки поверхностных сточных вод //Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно–практической конференции. – 2013. – Т. 43. – С. 56-58.
- [11]. Бочкарева Т.В., Савченко А.Б. Теоретические подходы к пониманию и оценке состояния городской среды // Итоги науки и техники. Сер. «Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов». Т. 22. Охрана и улучшение городской среды. – М., 1988. – С. 23–42.
- [12]. Колупаев Б.И., Котов Ю.С., Мурзов С.А., Александров А.В., Морозова Л.Я., Белова Н.Г., Степанова С.Н., Синицина Л.А. Комплексная оценка загрязнения почв и снежного покрова г. Казани и сопредельных территорий // Эколого-токсикологическая оценка урбанизированных и сопредельных территорий. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1990. – С. 4–10.
- [13]. Поздняков Ш. Р. и др. Обоснование выполнения рекомендаций ХЕЛКОМ по снижению биогенной нагрузки на Финский залив со стороны России Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. - 2016.
- [14]. Фрумин Г. Т. и др. Подходы к решению проблемы диагноза и прогноза атмосферных осадков в интересах городских служб водоотведения Общество. Среда. Развитие (ТerraHumana). – 2016. – № 2 (39).
- [15]. Пробирский М. Д. и др. Перспективы отведения и очистки поверхностного стока в Санкт-Петербурге // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – №. 6. – С. 32-41.
- [16]. Бобров Е. А. Социально-экологические проблемы крупных городов и пути их решения Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. – 2011. – Т. 16. – №. 15 (110).
- [17]. Прекращение сброса неочищенных сточных вод (переключение прямых выпусков сточных вод) [Электронный ресурс]. URL: http://www.vodokanal.spb.ru/o_kompanii/cifry_i_fakty/ (Дата обращения 24.12.17)
- [18]. Тайгунова Г. Р., Бариева Э. Р., Серазеева Е. В. Усовершенствование системы очистки сточных вод Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2013. –Т. 37. – №.1.
- [19]. Махнев П. П., Шабалина Н. А. Реконструкция и развитие системы водоотведения Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – №. 9. – С. 15.
- [20]. Постановление правительства Санкт-Петербурга от 11 декабря 2013 года N 989 «Об утверждении схемы водоснабжения и водоотведения Санкт-Петербурга на период до 2025 года с учетом перспективы до 2030 года» (с изменениями на 25 сентября 2015 года)
- [21]. Рублевская О. Н., Краснопеев А. Л. Опыт внедрения современных технологий и методов обработки осадка сточных вод Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – Т. 4. – С. 65-69.
- [22]. Соловьева Е. А., Мишуков Б. Г. Методика определения расчетных показателей расхода и состава сточных вод Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2015. – №. 3 (44).
- [23]. Ежова Т. Г. Международно-правовая защита Балтийского моря от загрязнения: дис. канд. юрид. наук: 12.00. 10: защищена 18.03. 2015. – 2014.
- [24]. Лобанов А. А., Громов А. А., Журавлёв А. Е. Опыт строительства продолжения Главного канализационного коллектора северной части Санкт-Петербурга //Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – №. 4. – С. 66-71.
- [25]. Анохин А.А. Урбанизация как фактор состояния окружающей среды // География иокружающая среда. Отв. ред. В.В. Дмитриев, Н.С. Касимов, С.М. Малхазова. – СПб: Наука,2003. – С. 417–426.
- [26]. Колбовский Е.Ю., Морозова В.В. Ландшафтное планирование и формирование сетейохраняемых природных территорий. – Москва-Ярославль: Институт географии РАН, Изд-во ЯГПУ, 2001. – 152 с.
- [27]. Макаров В.З. Теория и практика ландшафтно-экологических исследований крупныхгородов с применением ГИС-технологий. Автореферат дисс. доктора географ.наук. – Спб, 2001. – 44 с.
- [28]. Глебова, О. В., Коломыц, Э. Г., Розенберг, Г. С., Сидоренко, М. В., & Юнина, В. П. Природный комплекс большого города (Ландшафтно-экологический анализ) – М.: Наука. МАИК «Наука / Интерпериодика», 2000. – 286 с.
- [29]. Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П., Попченко В.И. Комплексный анализ урбоэкологических систем: Методическое пособие. – Тольятти, 1994. – 30 с.
- [30]. Угарова Н.А. Эколого-экономическая оптимизация территориально-планировочнойструктуры крупных городов. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ.канд. геогр. наук. – Москва,2011. – 26 с.
- [31]. Авцын А.П. Введение в географическую патологию. – М.: Медицина, 1972. – 328 с.
- [32]. Бешинский В.А. Комплексная геоэкологическая характеристика крупного промышленного центра за последнее десятилетие (на примере г. Воронежа). Автореф. дисс. канд.геогр. наук. – Воронеж, 2003. – 24 с.
- [33]. Волчек А. А., Бульская И. В. Сток с урбанизированных территорий и его очистка Вестник Брестского государственного технического университета. – 2013. – №. 2. – С. 88-92.

- [34]. Битюкова В.Р. Принципы и методы комплексной оценки экологического состояния городской среды (на примере г. Москвы) // Проблемы урбанизации на рубеже веков / Отв. ред. А.Г. Махрова. – Смоленск: Ойкумена, 2002. – С.189 - 197.
- [35]. Битюкова В.Р. Социально-экологические проблемы развития городов России. –М.:Едиториал УРСС, 2004. 448 с.
- [36]. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 году. - М., 2010.
- [37]. Максимова Л.В. Становление и развитие географических аспектов экологии человека в России // Изв. АН. Сер.геогр. – 2003. – № 6. – С. 92–100.
- [38]. Шкаликов В.А., Бобров Е.А. Социально-экологические проблемы города (на примере Смоленска и других городов Смоленской области). – Смоленск: Универсум, 2009. – 212 с.
- [39]. Горшков С.П. Концептуальные основы геоэкологии: Учебное пособие. – Смоленск:Изд-во СГУ, 1998. – 448 с.
- [40]. Куприянов В.В. Основы гидрологии городов // Географо-гидрологический метод исследования вод суши. – М.: Изд-во ГО СССР, 1984. – С. 28–32.
- [41]. Тетиор А. Н. Городская экология //М.: Академия. – 2006. – Т. 3. – С. 336.
- [42]. Хайретдинова Р.С. Теоретические основы концепции «умный город» и особенности ее адаптации в регионе // Российское предпринимательство. 2014. № 20 (266). С. 101-106.
- [43]. Коськин А.В., Архипов О.П., Иващук О.А., Пилипенко О.В., Савина О.А. Базовые принципы построения автоматизированной системы управления безопасным «умным городом» и механизмы их реализации// Строительство и реконструкция. 2012. № 2. С. 63-68
- [44]. Дегтярев Г.В., Свистунов Ю.А. Комплексная механическая очистка вод поверхностного стока. - Краснодар: КГАУ. Монография. 2004.
- [45]. Алексеев Г. В. и др. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – Государственный научный центр Российской Федерации" Арктический и антарктический научно-исследовательский институт" Федеральной служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2014.
- [46]. Катцов В. М. и др. Развитие технологии вероятностного прогнозирования регионального климата на территории России и построение на ее основе сценарных прогнозов изменения климатических воздействий на секторы экономики. Часть 1: Постановка задачи и численные эксперименты //Труды Главной геофизической обсерватории им. АИ Воейкова. – 2016. – №. 583. – С. 7-29.
- [47]. Ненарокова К.Н., Доброхотова С.Н., Ильинский С.В. Эколого-градостроительная концепция развития Москвы // Экология и охрана природы Москвы и Московского региона. Под ред. В.А. Садовниченко, С.А. Ушакова. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – С. 9–25.
- [48]. Стурман В.И., Бушкова Ю.С., Габдуллин В.М. Аэрогенное и вейстогенное загрязнение почв крупного промышленного города // Проблемы региональной экологии. – 2000. –№ 2. – С. 39–44.
- [49]. Ямашкин А.А. Культурный ландшафт города Саранска (геоэкологические проблемы и ландшафтное планирование) – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. – 160 с.
- [50]. Лепнева О.М., Обухов А.И. Экологические последствия влияния урбанизации на состояние почв Москвы // Эколого-токсикологическая оценка урбанизированных и сопредельных территорий. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1990. – С. 63–69.
- [51]. Шкаликов В.А., Бобров Е.А. Изменения в состоянии зеленых насаждений и зон отдыха в городах Смоленской области // Города в условиях трансформации социальноэкономической структуры общества. – Смоленск: Универсум, 2003. – С. 211–225.
- [52]. Козловская Л.В. Природоохранная деятельность как средство решения социальных задач // Экологические аспекты городских систем. – Минск: Наука и техника, 1984. –с.218–221.
- [53]. Беляева О. Ю. Стратегия развития и повышения надежности и безопасности работы систем водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод Санкт-Петербурга Научные труды Северо-Западного института управления.
- [54]. Махнев П. П., Шабалина Н. А. Реконструкция и развитие системы водоотведения Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – №. 9. – С. 15.
- [55]. Tsihrintzis V. A., Hamid R. Modeling and management of urban stormwater runoff quality a review Water Resources Management. – 1997. – Т. 11. – №. 2. – С. 136-164.
- [56]. Li W., Li L., Qiu G. Energy consumption and economic cost of typical wastewater treatment systems in Shenzhen, China Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 163. – С. S374-S378.

- [57]. Nanbakhsh H., Kazemi-Yazdi S., Scholz M. Design comparison of experimental storm water detention systems treating concentrated road runoff *Science of the total environment*. – 2007. – Т. 380. – №. 1. – С. 220-228
- [58]. Герасимов Г. Н. Обработка осадков сточных вод // *Водоснабжение и санитарная техника*. – 2008. – №. 12. – С. 32-41.
- [59]. Рублевская О. Н., Краснопопеев А. Л. Опыт внедрения современных технологий и методов обработки осадка сточных вод // *Водоснабжение и санитарная техника*. – 2011. – Т. 4. – С. 65-69.
- [60]. Chouli E., Aftias E., Deutsch J. C. Applying storm water management in Greek cities learning from the European experience *Desalination*. – 2007. – Т. 210. – №. 1-3. – С. 61-68.
- [61]. E. Aftias, Considerations for the first application of source control measures for stormwater runoff in the Athens metropolitan area, *Advances in Urban Stormwater and Agricultural Runoff Source Controls*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 2001, pp. 141–146.
- [62]. M. Förster, D.R. Thévenot., G. Geldof, P.S. Mikkelsen, M. Revitt, E. Aftias, J. Krejčík, S. Heiko, H. Sieker, M. Legret and M. Viklander, Urban stormwater source control in European countries: DayWater project, Novatech 2004: Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management, 5th International Conference, Lyon, France, June 2004.
- [63]. Singh, G. Evaluating performance and effectiveness of water sensitive urban design / G. Singh, J. Kandasamy // *Desalination and Water Treatment*. – 2009. – Vol. 11. – P. 144–150.
- [64]. Ивкин, П.И. Эффективность очистных сооружений ливневого стока проточного типа / П.И. Ивкин [и др.] // *Водоснабжение и санитарная техника*. – 2012. – № 1. – С. 52–58.
- [65]. Bai S. et al. Using site-specific life cycle assessment methodology to evaluate Chinese wastewater treatment scenarios: A comparative study of site-generic and site-specific methods // *Journal of Cleaner Production*. – 2017. – Т. 144. – С. 1-7.
- [66]. Бегич Я. Э., Шерстобитова П. А. Концепция SmartCity как стратегия управления городской инфраструктурой. // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. – 2017. – №. 8. – С. 27.
- [67]. UNESCO, *Les nouvelles frontières de la gestion urbaine de l'eau. Impasse ou espoir? Sous la direction de Cedo Maksimovic, José Alberto Tejada Guibert, Pierre-Alain Roche*, Presse de l'école nationale des Ponts et chaussées, 2001.
- [68]. Bueno P. D. L. C. et al. Nanotechnology for sustainable wastewater treatment and use for agricultural production A comparative long-term study *Water research*. – 2017. – Т. 110. – С. 66-73.
- [69]. Protection C. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. – 2007.
- [70]. Tsihrintzis V. A., Hamid R. Modeling and management of urban stormwater runoff quality a review *Water Resources Management*. – 1997. – Т. 11. – №. 2. – С. 136-164.
- [71]. Zaf R. D. et al. Fouling Analysis for Different UF Membranes in Reactive Dyeing Wastewater Treatment *Frontiers International Conference on Wastewater Treatment and Modelling*. – Springer, Cham, 2017. – С. 650-655
- [72]. Nanbakhsh H., Kazemi-Yazdi S., Scholz M. Design comparison of experimental storm water detention systems treating concentrated road runoff *Science of the total environment*. – 2007. – Т. 380. – №. 1. – С. 220-228
- [73]. Белогуров В. П. Разработка методологии интегрального оценивания экологического состояния территорий // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2014. – Т. 5. – №. 10 (71)
- [74]. Клюквин А. Н., Ловчева Е. С., Плотнокова Р. И. Концепция новой «Классификации эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод» // *Разведка и охрана недр*. – 2006. – №. 2. – С. 8-13.
- [75]. D.S. Novikov, L.M. Molodkina, A.N. Chusov Y.V. Vedmet'skii. Electrokinetic and Electroconductivity Properties of Filtering Material Aqualat // *Procedia Engineering*. 2015. Т. 117. С. 264-272.
- [76]. Andjelkovic I. Guidelines on non-structural measures in urban flood management. – International Hydrological Programme (IHP), United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 2001.
- [77]. Сиротина Е. П. и др. Актуальные проблемы дезинвазии сточных вод и их осадков // *Инфекция и иммунитет*. – 2012. – Т. 2. – №. 1-2.
- [78]. Tsihrintzis V. A., Hamid R. Modeling and management of urban stormwater runoff quality: a review // *Water Resources Management*. – 1997. – Т. 11. – №. 2. – С. 136-164.
- [79]. Бухарова Е. А., Татаринцева Е. А., Ольшанская Л. Н. Исследование сорбционных свойств материала на основе полиэтилентерефталата для очистки сточных вод от нефтепродуктов и ионов тяжелых металлов // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2014. – №. 1. – С. 118-122.
- [80]. Ватин И. и др. Результаты тестовой эксплуатации фильтра ФОПС® для очистки ливневого стока с селитебной территории Санкт-Петербурга // *Водоснабжение и санитарная техника*. – 2017. – №. 1. – С. 58-65.

- [81]. Веприкова Е. В. и др. Особенности очистки воды от нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей Журнал Сибирского федерального университета.
- [82]. Гакаев Р. А., Сатуева Л. Л. Массивы зеленых насаждений урбанизированных территорий и их влияние на нормализацию окружающей среды // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии. – 2016. – С. 10-16.
- [83]. Чечевичкин В. Н., Ватин Н. И. Экономичная очистка поверхностного стока в крупных городах Евростройпрофи. – 2015. – №. 78. – С. 48.
- [84]. Андрианова М.Ю., Молодкина Л.М. Спектрофлуориметрический анализ поверхностных вод, загрязненных биоорганическими веществами // Вестник гражданских инженеров. 2008. № 3. С. 88-92.
- [85]. Пономарева Л. С. Экономический механизм охраны вод от загрязнения (часть 2). Коэффициенты корректировки // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010. – №. 6. – С. 8-12.
- [86]. Ashley R. et al. (ed.). Advances in urban flood management. – CRC Press, 2007.
- [87]. Deutsch J. Urban storm water management in Europe What are the costs and who should pay Proc. 11th International Conference on Urban Drainage. – 2008. – Т. 31.
- [88]. Chouli, E. Applying storm water management in Greek cities: learning from the European experience / E. Chouli, E. Aftias, J.-C. Deutsch // Desalination. – 2007. – Vol. 210. P. 61–68.
- [89]. Tsihrintzis, V.A. Modeling and Management of Urban Stormwater Runoff Quality: A Review / V.A. TSIHRINTZIS, R. HAMID // Water Resources Management. – 1997. – Vol. 11 – P. 137–164.
- [90]. Khan M. Z. et al. Microbial electrolysis cells for hydrogen production and urban wastewater treatment A case study of Saudi Arabia Applied Energy.
- [91]. Loos R. et al. EU-wide monitoring survey on emerging polar organic contaminants in wastewater treatment plant effluents Water research. – 2013. – Т. 47. – №. 17. – С. 6475-6487.
- [92]. Carter T., Butler C. Ecological impacts of replacing traditional roofs with green roofs in two urban areas Cities and the Environment (CATE). – 2008. – Т. 1. – №. 2. – С. 9.
- [93]. Managing Urban Stormwater: Treatment Techniques. Draft. – 1997. – Sydney: Environment Protection Authority. – 112p.
- [94]. Nanbakhsh, H. Design comparison of experimental storm water detention system treating concentrated road runoff / H. Nanbakhsh, S. Kazemi-Yazdi, M. Scholz // Science of the Total Environment. – 2001 – Vol. 380. – P. 220–228.
- [95]. Henriksen H. J. et al. Assessment of exploitable groundwater resources of Denmark by use of ensemble resource indicators and a numerical groundwater–surface water model // Journal of Hydrology. – 2008. – Т. 348. – №. 1. – С. 224-240.
- [96]. Zevenbergen C. et al. Urban flood management. – CRC Press, 2010.
- [97]. Jha A. K., Bloch R., Lamond J. Cities and flooding: a guide to integrated urban flood risk management for the 21st century. – World Bank Publications, 2012.
- [98]. Kelessidis A., Stasinakis A. S. Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries // Waste management. – 2012. – Т. 32. – №. 6. – С. 1186-1195.
- [99]. UNESCO-IHE, 2007, St Maarten Stormwater Modelling Study, Project Report.

Methods of management of environmental sources in Europe and the possibility of their application in the city of St. Petersburg

Y.E. Begich ^{1*}, P.A. Sherstobitova ², E.A. Morina ³, A.I. Makarov ⁴

¹⁻⁴ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

review

doi: 10.18720/CUBS.65.4

Article history

Received 29.12.2017

Keywords

Surface runoff;
ecology;
effluent treatment;
surface runoff management methods;
Smart city;
sewage system.;

ABSTRACT

The growth of cities, the reduction of the area of greenery, the precipitation enhancement leads to an increase in the volume of sewage, as well as to a load buildup on the urban sewerage system and waste water treatment units. To prevent these negative effects in St. Petersburg, the authors consider the experience of applying surface runoff management methods (structural and non-structural methods) in European countries. The article contains recommendations that will allow the introduction of methods to control sources, establish effective interaction of various stakeholders, and significantly reduce the amount of surface runoff in St. Petersburg.

Contact information:

- 1* +7(981)7030960, yasmin1010@yandex.ru (Yasmin Begich, Student)
2 +7(911)2250549, polya-sherstobitova@yandex.ru (Polina Sherstobitova, Student)
3 +7(911)8360769, lenusik_ya_ne@mail.ru (Elena Morina, Student)
4 +7(911)8375750, almak17@yandex.ru (Alexey Makarov, Student)

References

- [1] Kim A. N., Zakharevich M. B., Romanova Yu. V. Aktualnyye problemy poverkhnostnogo stoka s territorii gorodov i prakticheskiye puti ikh resheniya [Actual problems of surface runoff from the territory of cities and practical ways to solve them]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2014. No. 1. Pp. 87-94. (rus)
- [2] Ivkin P. I. i dr. Effektivnost ochistnykh sooruzheniy livnovego stoka protochnogo tipa [Efficiency of sewage treatment plants of storm flow type] // Vodospabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2012. No. 1. Pp. 52-58. (rus)
- [3] Karmazinov F. Vysokiye tekhnologii chistoy vody Rodina [High technologies of pure water]. 2011. No. 3. Pp. 44-45. (rus)
- [4] Carter, T. Ecological impacts of replacing traditional roofs with green roofs in two urban areas / T. Carter, C. Butler // Cities and the Environment. – 2008. – Vol. 1, Issue 2/9. – Pp. 1–17.
- [5] Saget, A. Urban discharges during wet weather: What volumes have to be treated? / A. Saget et al. // Water Science Technology. – 1995. – Vol. 32, Issue 1 – Pp. 225–232.
- [6] Morozova L. A., Barmin A. N., Guryeva M. S. Razvitiye sistemy kanalizatsii i perspektivy ochistki stochnykh vod v gorodakh Rossii [Development of the sewerage system and perspectives of wastewater treatment in the cities of Russia] // Yuzhno-Rossiyskiy vestnik geologii, geografii i globalnoy energii. – 2007. – p. 29. (rus)
- [7] Pinkin A. V., Kasatkin A. V., Artemov A. V. Filtry dlya udaleniya zagryaznyayushchikh veshchestv iz poverkhnostnykh stochnykh vod i sistem oborotnogo vodospabzheniya Ekologiya i promyshlennost Rossii [Filters for removing pollutants from surface sewage and recycling water systems]. – 2011. – No. 12. – Pp. 15-17. (rus)
- [8] Molodkina L.M. Metody ochistki pityevykh, prirodnykh i stochnykh vod: uchebnoye posobiye [Methods for purification of drinking, natural and waste water: a textbook]. - SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2010. p. 275. (rus)
- [9] Barashkova P.S., Molodkina L.M., Korovina M.D. Both Sided Irradiated Track Membrane in Local Water Supply // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2017. No 3 (71). Pp. 68-75.
- [10] Alimova A. F., Barieva E.H. R. Povysheniye ehffektivnosti ochistki poverkhnostnykh stochnykh vod [Increasing the efficiency of surface sewage purification] // Sbornik nauchnykh trudov SWorld po materialam mezhdunarodnoy nauchno–prakticheskoy konferentsii. 2013. Vol. 43. Pp. 56-58. (rus)
- [11] Bochkareva T.V., Savchenko A.B. Teoreticheskiye podkhody k ponimaniyu i otsenke sostoyaniya gorodskoy sredy [Theoretical approaches to understanding and assessing the state of the urban environment] // Itogi nauki i tekhniki. Ser. «Okhrana prirody i vosproizvodstvo prirodnykh resursov». Vol. 22. Okhrana i uluchsheniye gorodskoy sredy. – M., 1988. Pp. 23–42. (rus)
- [12] Kolupayev B.I., Kotov Yu.S., Murzov S.A., Aleksandrov A.V., Morozova L.Ya., Belova N.G., Stepanova S.N., Sinitsina L.A. Kompleksnaya otsenka zagryazneniya pochvy i snezhnogo pokrova g. Kazani i sopredelnykh territoriy [Complex assessment of soil and snow cover in Kazan and adjacent territories] // Ekologo-toksikologicheskaya otsenka urbanizirovannykh i sopredelnykh territoriy. – Kazan: Izd-vo Kazanskogo un-ta, 1990. Pp. 4–10. (rus)
- [13] Pozdnyakov Sh. R. i dr. Obosnovaniye vpolneniya rekomendatsiy KhELKOM po snizheniyu biogennoy nagruzki na Finskiy zaliv so storony Rossii [Justification of the implementation of HELCOM recommendations to reduce the nutrient load on the Gulf of Finland by Russia] Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya. Geografiya. 2016. (rus)
- [14] Frumin G. T. i dr. Podkhody k resheniyu problemy diagnoza i prognoza atmosferykh osadkov v interesakh gorodskikh sluzhb vodootvedeniya [Approaches to the solution of the problem of diagnosis and forecast of atmospheric precipitation in the interests of urban drainage services] Obshchestvo. Sreda. Razvitiye (TerraHumana). 2016. No. 2 (39). (rus)
- [15] Probirskiy M. D. i dr. Perspektivy otvedeniya i ochistki poverkhnostnogo stoka v Sankt-Peterburge [Prospects for the diversion and purification of surface runoff in St. Petersburg] // Vodospabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2015. No. 6. Pp. 32-41. (rus)
- [16] Bobrov Ye. A. Sotsialno-ekologicheskiye problemy krupnykh gorodov i puti ikh resheniya [Socio-ecological problems of large cities and ways of their solution] Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Yestestvennyye nauki. 2011. Vol. 16. No. 15 (110). (rus)
- [17] Prekrashcheniye sbrosa neochishchennykh stochnykh vod (pereklyucheniye pryamykh vypuskov stochnykh vod) [Termination of discharge of untreated sewage (switching of direct discharges of sewage)] [Elektronnyy resurs]. URL: http://www.vodokanal.spb.ru/o_kompanii/cifry_i_fakty/ (Data obrashcheniya 24.12.17). (rus)
- [18] Taygunova G. R., Bariyeva E. R., Serazeyeva Ye. V. Uovershenstvovaniye sistemy ochistki stochnykh vod Sbornik nauchnykh trudov [Improvement of sewage treatment system] SWorld po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2013. Vol. 37. No. 1. (rus)
- [19] Makhnev P. P., Shabalina N. A. Rekonstruktsiya i razvitiye sistemy vodootvedeniya [Reconstruction and development of the water disposal system] Vodospabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2008. No. 9. p. 15. (rus)

- [20] Postanovleniye pravitelstva Sankt-Peterburga ot 11 dekabrya 2013 goda N 989 «Ob utverzhdenii skhemy vodosnabzheniya i vodootvedeniya Sankt-Peterburga na period do 2025 goda s uchetom perspektivy do 2030 goda» [Decree of the Government of St. Petersburg of December 11, 2013 No. 989 "On the approval of the scheme of water supply and sanitation in St. Petersburg for the period until 2025, taking into account the prospects until 2030] (s izmeneniyami na 25 sentyabrya 2015 goda). (rus)
- [21] Rublevskaya O. N., Krasnopeyev A. L. Opyt vnedreniya sovremennykh tekhnologiy i metodov obrabotki osadka stochnykh vod [Experience of introduction of modern technologies and methods of treatment of sewage sludge] Vodospobzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2011. Vol. 4. Pp. 65-69. (rus)
- [22] Solovyeva Ye. A., Mishukov B. G. Metodika opredeleniya raschetnykh pokazateley raskhoda i sostava stochnykh vod [Method for determination of calculated flow rates and composition of sewage] Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya. 2015. No. 3 (44). (rus)
- [23] Yezhova T. G. Mezhdunarodno-pravovaya zashchita Baltiyskogo morya ot zagryazneniya [International legal protection of the Baltic Sea from pollution]: dis. kand. yurid. nauk: 12.00. 10: zashchishchena 18.03. 2015. 2014. (rus)
- [24] Lobanov A. A., Gromov A. A., Zhuravlev A. Ye. Opyt stroitelstva prodolzheniya Glavnogo kanalizatsionnogo kollektora severnoy chasti Sankt-Peterburga [Experience in constructing the continuation of the main sewer collector in the northern part of St. Petersburg] //Vodospobzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2016. No. 4. Pp. 66-71. (rus)
- [25] Anokhin A.A. Urbanizatsiya kak faktor sostoyaniya okruzhayushchey sredy [Urbanization as a factor of the state of the environment] // Geografiya iokruzhayushchaya sreda. Otv. red. V.V. Dmitriyev, N.S. Kasimov, S.M. Malkhazova. – SPb: Nauka, 2003. Pp. 417–426. (rus)
- [26] Kolbovskiy Ye.Yu., Morozova V.V. Landshaftnoye planirovaniye i formirovaniye seteyokhranyayemykh prirodnykh territoriy [Landscape planning and the formation of networks of protected natural areas]. – Moskva-Yaroslavl: Institut geografii RAN, Izd-vo YaGPU, 2001. 152 p. (rus)
- [27] Makarov V.Z. Teoriya i praktika landshaftno-ekologicheskikh issledovaniy krupnykhgorodov s primeneniym GIS-tekhnologiy [Theory and practice of landscape-ecological studies of large cities using GIS-technologies]. Avtoreferat diss. doktora geograf.nauk. Spb, 2001. 44 p. (rus)
- [28] G. Kolomyts, G.S. Rozenberg, O.V. Glebova i dr Prirodnyy kompleks bolshogo goroda: Landshaftno-ekologicheskyy analiz [Natural complex of the big city (Landscape-ecological analysis)] // – M.: Nauka. MAIK «Nauka / Interperiodika», 2000. 286 p. (rus)
- [29] Rozenberg G.S., Krasnoshchekov G.P., Popchenko V.I. Kompleksnyy analiz urboekologicheskikh sistem: Metodicheskoye posobiye [Complex analysis of urban ecological systems: Methodological manual.]. – Tolyatti, 1994. 30 p. (rus)
- [30] Ugarova N.A. Ekologo-ekonomicheskaya optimizatsiya territorialno-planirovochnoystrukturnykh krupnykh gorodov [Ecological and economic optimization of the territorial-planning structure of large cities]. Avtoref. diss. na soisk. uch. step.kand. geogr. nauk. – Moskva, 2011. 26 p. (rus)
- [31] Avtsyn A.P. Vvedeniye v geograficheskuyu patologiyu [Introduction to geographical pathology]. – M.: Meditsina, 1972. 328 p. (rus)
- [32] Beshinskiy V.A. Kompleksnaya geoekologicheskaya kharakteristika krupnogo promyshlennogo tsentra za posledneye desyatiletie (na primere g. Voronezha) [Complex geoecological characteristics of a large industrial center in the last decade (by the example of Voronezh)]. Avtoref. diss. kand.geogr. nauk. – Voronezh, 2003. 24 p. (rus)
- [33] Volchek A. A., Bulskaya I. V. Stok s urbanizirovannykh territoriy i yego ochistka [Stoch with urbanized territories and its cleaning] Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2013. No. 2. Pp. 88-92. (rus)
- [34] Bityukova V.R. Printsipy i metody kompleksnoy otsenki ekologicheskogo sostoyaniyagorodskoy sredy (na primere g. Moskvy) [Principles and methods for a comprehensive assessment of the ecological condition of the urban environment (on the example of Moscow)] // Problemy urbanizatsii na rubezhe vekov / Otv. red. A.G. Makhrova. – Smolensk: Oykumena, 2002. Pp. 189–197. (rus)
- [35] Bityukova V.R. Sotsialno-ekologicheskkiye problemy razvitiya gorodov Rossii [Socio-ecological problems of urban development in Russia]. – M.:Yeditorial URSS, 2004. 448 p. (rus)
- [36] Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii i obkhraane okruzhayushchey sredy RossiyskoyFederatsii v 2009 godu [State report on the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2009]. – M., 2010. (rus)
- [37] Maksimova L.V. Stanovleniye i razvitiye geograficheskikh aspektov ekologii cheloveka v Rossii [Formation and development of geographical aspects of human ecology in Russia] // Izv. AN. Ser.geogr. 2003. No 6. Pp. 92–100. (rus)
- [38] Shkalikov V.A., Bobrov Ye.A. Sotsialno-ekologicheskkiye problemy goroda (na primere Smolenska i drugikh gorodov Smolenskoy oblasti) [Socio-ecological problems of the city (on the example of Smolensk and other cities of the Smolensk region)]. – Smolensk: Universum, 2009. 212 p. (rus)

- [39] Gorshkov S.P. Kontseptualnyye osnovy geoekologii: Uchebnoye posobiye [Conceptual foundations of geoecology: Textbook]. – Smolensk: Izd-vo SGU, 1998. 448 p. (rus)
- [40] Kupriyanov V.V. Osnovy gidrologii gorodov [Fundamentals of Hydrology of Cities] // Geografo-gidrologicheskiy metod issledovaniya vod sushi. – M.: Izd-vo GO SSSR, 1984. Pp. 28–32. (rus)
- [41] Tetior, AN, Gorodskaya ehkologiya [Urban Ecology], Moscow: Akademiya. 2006. Vol. 3. p. 336 (rus)
- [42] Khayretdinova R.S. Teoreticheskiye osnovy kontseptsii «umnyy gorod» i osobennosti yeye adaptatsii v regione [Theoretical foundations of the concept of "smart city" and the features of its adaptation in the region] // Rossiyskoye predprinimatelstvo. 2014. No 20 (266). Pp. 101-106. (rus)
- [43] Koskin A.V., Arkhipov O.P., Ivashchuk O.A., Pilipenko O.V., Savina O.A. Bazovyye printsipy postroyeniya avtomatizirovannoy sistemy upravleniya bezopasnym «umnym gorodom» i mekhanizmy ikh realizatsii [Basic principles of building an automated control system for a safe "smart city" and the mechanisms for their implementation] // Stroitelstvo i rekonstruktsiya. 2012. No 2. Pp. 63-68. (rus)
- [44] Degtyarev G.V., Svistunov Yu.A. Kompleksnaya mekhanicheskaya ochildka vod poverkhnostnogo stoka [Integrated mechanical treatment of surface runoff waters]. - Krasnodar: KGAU. Monografiya. 2004. (rus)
- [45] Alekseyev G. V. i dr. Vtoroy otsenochnyy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii [Second Assessment Report of Roshydromet on Climate Change and its Consequences on the Territory of the Russian Federation]. – Gosudarstvennyy nauchnyy tsentr Rossiyskoy Federatsii "Arkticheskiy i antarkticheskiy nauchno-issledovatel'skiy institut" Federalnoy sluzhba Rossii po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy, 2014. (rus)
- [46] Kattsov V. M. i dr. Razvitiye tekhnologii veroyatnostnogo prognozirovaniya regionalnogo klimata na territorii Rossii i postroyeniye na yeye osnove stsenarnykh prognozov izmeneniya klimaticheskikh vozdeystviy na sektory ekonomiki [Development of the technology of probabilistic forecasting of the regional climate on the territory of Russia and the construction on its basis of scenario forecasts of the changes in climatic influences on sectors of the economy]. Chast 1: Postanovka zadachi i chislennyye eksperimenty // Trudy Glavnoy geofizicheskoy observatorii im. AI Voyeykova. 2016. No. 583. Pp. 7-29. (rus)
- [47] Nenarokova K.N., Dobrokhotova S.N., Ilinskiy S.V. Ekologo-gradostroitel'nayakontseptsiya razvitiya Moskvy [Ekologo-town-planning concept of Moscow development] // Ekologiya i okhrana prirody Moskvy i Moskovskogo regiona. Pod red. V.A. Sadovnichego, S.A. Ushakova. – M.: Izd-vo MGU, 1990. Pp. 9–25. (rus)
- [48] Sturman V.I., Bushkova Yu.S., Gabdullin V.M. Aerogennoye i veystogennoye zagryazneniye pochv krupnogo promyshlennogo goroda [Aerogenous and vestogenic pollution of soils of a large industrial city] // Problemy regionalnoy ekologii. 2000. No 2. Pp. 39–44. (rus)
- [49] Yamashkin A.A. Kulturnyy landshaft goroda Saranska (geoekologicheskkiye problemy i landshaftnoye planirovaniye) [Cultural landscape of the city of Saransk (geoecological problems and landscape planning)] // – Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2002. 160 p. (rus)
- [50] Lepneva O.M., Obukhov A.I. Ekologicheskkiye posledstviya vliyaniya urbanizatsii na sostoyaniye pochv Moskvy [Ecological consequences of the influence of urbanization on the state of Moscow soils] // Ekologo-toksikologicheskaya otsenka urbanizirovannykh i sopredelnykh territoriy. – Kazan: Izd-vo Kazanskogo un-ta, 1990. Pp. 63–69. (rus)
- [51] Shkalikov V.A., Bobrov Ye.A. Izmeneniya v sostoyanii zelenykh nasazhdeniy i zon otdykha v gorodakh Smolenskooy oblasti [Changes in the state of green spaces and recreation areas in the cities of the Smolensk region] // Goroda v usloviyakh transformatsii sotsialnoekonomicheskoy struktury obshchestva. Smolensk: Universum, 2003. Pp.211–225. (rus)
- [52] Kozlovskaya L.V. Prirodookhrannaya deyatel'nost kak sredstvo resheniya sotsialnykh zadach [Environmental protection as a means of solving social problems] // Ekologicheskkiye aspekty gorodskikh sistem. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1984. – Pp. 218–221. (rus)
- [53] Belyayeva O. Yu. Strategiya razvitiya i povysheniya nadezhnosti i bezopasnosti raboty sistem vodosnabzheniya, vodootvedeniya i ochildki stochnykh vod Sankt-Peterburga [Strategy of development and increase of reliability and safety of operation of water supply, wastewater and wastewater treatment systems in St. Petersburg] Nauchnyye trudy Severo-Zapadnogo instituta upravleniya. (rus)
- [54] Makhnev P. P., Shabalina N. A. Rekonstruktsiya i razvitiye sistemy vodootvedeniya [Reconstruction and development of the drainage system] Vodostabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2008. No. 9. p. 15. (rus)
- [55] Tshrintzis V. A., Hamid R. Modeling and management of urban stormwater runoff quality a review Water Resources Management. 1997. Vol. 11. No. 2. Pp. 136-164.
- [56] Li W., Li L., Qiu G. Energy consumption and economic cost of typical wastewater treatment systems in Shenzhen, China Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 163. Pp. 374-378.
- [57] Nanbakhsh H., Kazemi-Yazdi S., Scholz M. Design comparison of experimental storm water detention systems treating concentrated road runoff Science of the total environment. 2007. Vol. 380. No. 1. Pp. 220-228

- [58] Gerasimov G. N. Obrabotka osadkov stochnykh vod [Treatment of sewage sludge] //Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2008. No. 12. Pp. 32-41. (rus)
- [59] Rublevskaya O. N., Krasnopeyev A. L. Opyt vnedreniya sovremennykh tekhnologiy i metodov obrabotki osadka stochnykh vod [Experience of introduction of modern technologies and methods of sewage sludge treatment] //Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2011. Vol. 4. Pp. 65-69. (rus)
- [60] Chouli E., Aftias E., Deutsch J. C. Applying storm water management in Greek cities learning from the European experience Desalination. 2007. Vol. 210. No. 1-3. Pp. 61-68.
- [61] E. Aftias, Considerations for the first application of source control measures for stormwater runoff in the Athens metropolitan area, Advances in Urban Stormwater and Agricultural Runoff Source Controls, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 2001, Pp. 141–146.
- [62] M. Förster, D.R. Thévenot., G. Geldof, P.S. Mikkelsen, M. Revitt, E. Aftias, J. Krejčík, S. Heiko, H. Sieker, M. Legret and M. Viklander, Urban stormwater source control in European countries: DayWater project, Novatech 2004: Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management, 5th International Conference, Lyon, France, June 2004.
- [63] Singh, G. Evaluating performance and effectiveness of water sensitive urban design / G. Singh, J. Kandasamy // Desalination and Water Treatment. 2009. Vol. 11. Pp. 144–150.
- [64] Ivkin, P.I. Effektivnost ochistnykh sooruzheniy livnovego stoka protochnogo tipa [Efficacy of sewage treatment plants of storm flow type flow] // Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2012. No 1. Pp. 52–58. (rus)
- [65] Bai S. et al. Using site-specific life cycle assessment methodology to evaluate Chinese wastewater treatment scenarios: A comparative study of site-generic and site-specific methods // Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 144. Pp. 1-7.
- [66] Begich Ya. E., Sherstobitova P. A. Kontsepsiya SmartCity kak strategiya upravleniya gorodskoy infrastrukturoy [The concept of SmartCity as a strategy for urban infrastructure management] // Construction of Unique Buildings and Structures 2017. No. 8. p. 27. (rus)
- [67] UNESCO, Les nouvelles frontières de la gestion urbaine de l'eau. Impasse ou espoir? Sous la direction de Cedo Maksimovic, José Alberto Tejada Guibert, Pierre-Alain Roche, Presse de l'école nationale des Pontsetchaussées, 2001.
- [68] Bueno P. D. L. C. et al. Nanotechnology for sustainable wastewater treatment and use for agricultural production A comparative long-term study Water research. 2017. Vol. 110. Pp. 66-73.
- [69] Protection C. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. 2007.
- [70] Tsihrintzis V. A., Hamid R. Modeling and management of urban stormwater runoff quality a review Water Resources Management. 1997. Vol. 11. No. 2. Pp. 136-164.
- [71] Zaf R. D. et al. Fouling Analysis for Different UF Membranes in Reactive Dyeing Wastewater Treatment Frontiers International Conference on Wastewater Treatment and Modelling. – Springer, Cham, 2017. Pp. 650-655
- [72] Nanbakhsh H., Kazemi-Yazdi S., Scholz M. Design comparison of experimental storm water detention systems treating concentrated road runoff Science of the total environment. 2007. Vol. 380. No. 1. Pp. 220-228
- [73] Belogurov V. P. Razrabotka metodologii integralnogo otsenivaniya ekologicheskogo sostoyaniya territoriy [Development of a methodology for the integrated assessment of the ecological state of territories] //Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy. 2014. Vol. 5. No. 10 (71). (rus)
- [74] Klyukvin A. N., Lovcheva Ye. S., Plotnikova R. I. Kontsepsiya novoy «Klassifikatsii ekspluatatsionnykh zapasov i prognoznykh resursov podzemnykh vod» [The concept of a new "Classification of Exploitation Reserves and Forecast Groundwater Resources"] //Razvedka i okhrana nedr. 2006. No. 2. Pp. 8-13. (rus)
- [75] Electrokinetic and Electroconductivity Properties of Filtering Material Aqualat / D.S. Novikov, L.M. Molodkina, A.N. Chusov Y.V. Vedmetkii // Procedia Engineering. 2015. Vol. 117. Pp. 264-272.
- [76] Andjelkovic I. Guidelines on non-structural measures in urban flood management. – International Hydrological Programme (IHP), United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 2001.
- [77] Sirotnina Ye. P. i dr. Aktualnyye problemy dezinvazii stochnykh vod i ikh osadkov [Actual problems of disinfection of sewage and their sediments] // Infection and immunity] //Infektsiya i immunitet. 2012. Vol. 2. No. 1-2. (rus)
- [78] Tsihrintzis V. A., Hamid R. Modeling and management of urban stormwater runoff quality: a review //Water Resources Management. 1997. Vol. 11. No. 2. Pp. 136-164.
- [79] Bukharova Ye. A., Tatarintseva Ye. A., Olshanskaya L. N. Issledovaniye sorbtionnykh svoystv materialana osnove polietilentereftalata dlya ochistki stochnykh vod ot nefteproduktov i ionov tyazhelykh metallov [Investigation of sorption properties of a material based on polyethylene terephthalate for purification of sewage from oil products and heavy metal ions] //XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus. 2014. No. 1. Pp. 118-122. (rus)

- [80] Vatin I. i dr. Rezultaty testovoy ekspluatatsii filtra FOPS® dlya ochistki livnevogo stoka s selitebnoy territorii Sankt-Peterburga [Results of the test operation of the FOSS® filter for cleaning storm water from the residential area of St. Petersburg] Vodospabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2017. No. 1. Pp. 58-65. (rus)
- [81] Veprikova Ye. V. i dr. Osobennosti ochistki vody ot nefteproduktov s ispolzovaniyem neftyanykh sorbentov, filtruyushchikh materialov i aktivnykh ugley [Features of water purification from petroleum products using oil sorbents, filtering materials and active coals] Zhurnal Sibirskogo federalnogo universiteta. (rus)
- [82] Gakaev R. A., Satueva L. L. Massivy zelenykh nasazhdenij urbanizirovannykh territorij i ih vliyanie na normalizatsiyu okruzhayushchej sredy [Massifs of green plantations of urbanized territories and their influence on the normalization of the environment] // Goroda Rossii: problemy stroitel'stva, inzhenernogo obespecheniya, blagoustrojstva i ehkologii. 2016. Pp. 10-16. (rus)
- [83] Chechevichkin V. N., Vatin N. I. Ekonomichnaya ochistka poverkhnostnogo stoka v krupnykh gorodakh Yevrostroyprofi [Economical purification of surface runoff in large cities of Eurostroyprofi]. 2015. No. 78. p. 48. (rus)
- [84] Andrianova M.Yu., Molodkina L.M. Spektrofluorimetricheskij analiz poverkhnostnykh vod, zagryaznennykh bioorganicheskimi veshchestvami [Spectrofluorimetric analysis of surface waters contaminated with bioorganic substances] // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2008. No 3. Pp. 88-92. (rus)
- [85] Ponomareva L. S. Ekonomicheskij mekhanizm okhrany vod ot zagryazneniya (chast 2) [Economic mechanism of water protection from pollution (part 2)]. Koeffitsiyenty korrektyrovki // Vodospabzheniye i sanitarnaya tekhnika. No.6. Pp. 8-12. (rus)
- [86] Ashley R. et al. (ed.). Advances in urban flood management. – CRC Press, 2007.
- [87] Deutsch J. Urban storm water management in Europe What are the costs and who should pay Proc. 11th International Conference on Urban Drainage. 2008. Vol. 31.
- [88] Chouli, E. Applying storm water management in Greek cities: learning from the European experience / E. Chouli, E.Aftias, J.-C. Deutsch // Desalination. 2007. Vol. 210. Pp. 61–68.
- [89] Tsihrintzis, V.A. Modeling and Management of Urban Stormwater Runoff Quality: A Review / V.A. TSIHRINTZIS, R. HAMID // Water Resources Management. 1997. Vol. 11. Pp. 137–164.
- [90] Khan M. Z. et al. Microbial electrolysis cells for hydrogen production and urban wastewater treatment A case study of Saudi Arabia Applied Energy.
- [91] Loos R. et al. EU-wide monitoring survey on emerging polar organic contaminants in wastewater treatment plant effluents Water research. 2013. Vol. 47. No. 17. Pp. 6475-6487.
- [92] Carter T., Butler C. Ecological impacts of replacing traditional roofs with green roofs in two urban areas Cities and the Environment (CATE). 2008. Vol. 1. No. 2. p. 9.
- [93] Managing Urban Stormwater: Treatment Techniques. Draft. – 1997. – Sydney: Environment Protection Authority. – 112p.
- [94] Nanbakhsh, H. Design comparison of experimental storm water detention system treating concentrated road runoff / H. Nanbakhsh, S. Kazemi-Yazdi, M.Scholz // Science of the Total Environment. – 2001 – Vol. 380. – Pp. 220–228.
- [95] Henriksen H. J. et al. Assessment of exploitable groundwater resources of Denmark by use of ensemble resource indicators and a numerical groundwater–surface water model // Journal of Hydrology. 2008. Vol. 348. No. 1. Pp. 224-240.
- [96] Zevenbergen C. et al. Urban flood management. – CRC Press, 2010.
- [97] Jha A. K., Bloch R., Lamond J. Cities and flooding: a guide to integrated urban flood risk management for the 21st century. – World Bank Publications, 2012.
- [98] Kelessidis A., Stasinakis A. S. Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries // Waste management. 2012. Vol. 32. No. 6. Pp. 1186-1195.
- [99] UNESCO-IHE, 2007, St Maarten Stormwater Modelling Study, Project Report.

Бегич Я.Э., Шерстобитова П.А., Морина Е.А., Макаров А.И., Методы управления источниками поверхностного стока в странах Европы и возможность их применения в Санкт-Петербурге, Строительство уникальных зданий и сооружений, 2018, № 2(65). С.59-76.

Begich Y.E., Sherstobitova P.A., Morina E.A., Makarov A.I., Methods of management of environmental sources in Europe and the possibility of their application in the city of St. Petersburg, Construction of Unique Buildings and Structures. 2018. 2 (65). Pp. 59-76. (rus)