

УДК

## УЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СТОКОМ С ГОРОДОВ В СХЕМАХ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

©2011 г. Е.В. Федорова, О.П. Карпунина, Н.С. Максимчук

*ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования  
и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург*

**Ключевые слова:** качество вод, загрязнение водосборных территорий, рассредоточенный сток, водоохранные мероприятия.

Приведены результаты расчета массы выноса загрязняющих веществ с селитебных территорий, проведено их сравнение с массами загрязняющих веществ, поступающих с точечными сбросами предприятий, предложены мероприятия по снижению негативного влияния стока с водосбора на формирование качества поверхностных вод.

В настоящее время в Российской Федерации ведется работа над Схемами комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО). Главной целью разработки СКИОВО в соответствии с Методическими указаниями [1], является формирование инструментария принятия управленческих решений по достижению устанавливаемых Схемами целевых показателей качества вод водных объектов и уменьшения негативных последствий наводнений и других видов негативного воздействия вод. Как следует из текста Методических указаний, достижение целевых показателей качества вод ставится на первое место среди задач, решаемых в рамках СКИОВО.

В 2010 г. ФГУП РосНИИВХ завершил разработку СКИОВО бассейна р. Камы, являющегося одним из крупнейших в России и одновременно отличающегося значительной антропогенной нагрузкой как на водные объекты, так и на их водосборы. Кама и ее притоки до 80 % стока формируют в периоды весеннего снеготаяния, т. е. за счет склоновых вод, что позволяет говорить о важности учета их химизма как при

анализе закономерностей формирования природно-фонового качества поверхностных вод, так и при выявлении источников антропогенного воздействия.

В природных условиях со склоновыми водами в водные объекты поступает значительное количество химических веществ (соединения азота и фосфора, металлы, органика и др.), выщелачиваемых из почв и растительных остатков. Однако формирующиеся в водотоках концентрации ингредиентов незначительны (исключая зоны геохимических аномалий) и, в целом, минерализация русловых вод в периоды повышенной водности снижается. С интенсификацией хозяйственной деятельности в бассейнах рек природные закономерности формирования качества вод нарушаются как в результате сбросов сточных вод предприятий, так и за счет поступления загрязняющих веществ со склоновым стоком, что может привести к росту концентраций ряда химических веществ в периоды повышенной водности.

Загрязнение речных вод стоком с водосбора в большей степени характерно для весеннего половодья, что вызвано депонированием в снежном покрове в течение зимы загрязняющих веществ, выбрасываемых промышленными предприятиями и автотранспортом в атмосферу, а также в результате выщелачивания химических элементов талыми водами из загрязненных почв. Значительная загрязненность снежного покрова и почв фиксируется в пределах ореолов рассеяния выбросов в атмосферу металлургических комплексов, предприятий химической и нефтехимической промышленности, тепловых станций, работающих на угле. За зиму на водосборах рек могут накапливаться тонны металлов, сульфатов, нитратов, хлоридов, карбонатов.

Как правило, при рассеивании выбросов в пределах лесных территорий и сельскохозяйственных угодий значительная часть катионов (металлов и других веществ) сорбируется органическим веществом и илистыми частицами подстилки и гумусового горизонта почв. Анионы вместе с талыми водами либо мигрируют через почвы и поступают в подземные воды, либо со склоновым стоком – в поверхностные водотоки. В том случае, если в пределах ореола рассеяния выбросов находятся населенные пункты, имеющие значительную площадь твердых покрытий, сорбции загрязняющих веществ и их миграции вглубь почв не происходит – основная масса со склоновыми водами поступает в водные объекты. Подобные процессы происходят и в период выпадения дождевых осадков.

Поверхностные сточные воды с территорий городов загрязнены различными органическими и неорганическими веществами в растворенном, эмульгированном и

нерастворенном состоянии. В зависимости от условий формирования этих стоков концентрация взвешенных веществ в них колеблется в пределах 3000–4000 мг/дм<sup>3</sup>, нефтепродуктов – 5–45 мг/дм<sup>3</sup>, БПК<sub>пол</sub> – 80–1000 мг О/дм<sup>3</sup>, ионы тяжелых металлов – 0,1–10 мг/дм<sup>3</sup> [2], т. е. роль поверхностного стока в загрязнении водных объектов существенна.

Несмотря на то, что влияние рассредоточенного стока на качество поверхностных вод исследуется давно и доказана его осязаемость, данный источник загрязнения водных объектов не учитывается ни при расчете нормативов допустимых воздействий (НДВ) на водные объекты, ни при оценке ущербов, наносимых водным объектам. В качестве главного аргумента выдвигают сложность процессов формирования количественных и качественных характеристик склонового стока, что не позволяет точно оценить массы загрязнений, поступающих в водные объекты от источника загрязнения. На наш взгляд, причина создавшейся ситуации, в первую очередь, экономическая – возможный значительный рост платежей хозяйствующих субъектов за загрязнение окружающей среды, к которому предприятия в данный момент не готовы.

В процессе разработки СКИОВО бассейна р. Камы, была сделана попытка оценить рассредоточенную составляющую формирования качества вод.

Водосбор р. Камы составляет 507 000 км<sup>2</sup>. В пределах бассейна находятся территории следующих субъектов Российской Федерации: Республики Башкортостан, Татарстан, Марий Эл, Удмуртская Республика, Пермский край, Кировская, Свердловская, Челябинская, Оренбургская, Нижегородская области. Всего в бассейне выделено 37 водохозяйственных участков (ВХУ).

В различных частях бассейна р. Камы доминируют свои источники антропогенного загрязнения склонового стока. Анализ показывает, что для большей части ВХУ основное влияние на качество вод оказывает сток, поступающий с территорий крупных промышленных центров, имеющих химическую, нефтехимическую и металлургическую специализацию. К таким ВХУ следует отнести участки: 10.01.01.002 (города Соликамск, Березники – химическая, целлюлозно-бумажная отрасли промышленности); 10.01.01.010 (города Пермь, Краснокамск, Нытва, Очер, Оса, Чайковский – целлюлозно-бумажная, металлургическая, химическая отрасли промышленности); 10.01.01.015 (города Менделеевск, Елабуга, Бугульма, Альметьевск, Лениногорск, Заинск, Нижнекамск, Набережные Челны – химическая, нефтехимическая промышленность); 10.01.03.002 (участок р. Вятки в районах гг. Киров

и Кирово-Чепецк – химическая промышленность); 10.01.02.005 (города Салават, Ишимбай, Стерлитамак – нефтехимическая промышленность); 10.01.02.014 (г. Уфа – нефтеперерабатывающая, нефтехимическая, химическая отрасли промышленности).

Учет рассредоточенного стока с указанных выше территорий, на наш взгляд, является необходимым условием выявления причин неудовлетворительного состояния водных объектов. Поскольку анализ проблем бассейна и обоснование мероприятий при разработке СКИОВО проводится для ВХУ, то и расчет выноса загрязняющих веществ рассредоточенным стоком был проведен по ВХУ.

Для расчета выноса загрязняющих веществ с территорий населенных пунктов были использованы Рекомендации ФГУП «НИИ ВОДГЕО» [3]. В соответствии с Рекомендациями, масса загрязняющих веществ, поступающих в водотоки с территорий городов, рассчитывается как произведение их средней концентрации в склоновом стоке на объем стока с территории населенного пункта за период весеннего снеготаяния или выпадения ливневых осадков. Для расчета объема стока по формуле, приведенной в [3], значения слоя осадков взяты из СНиП «Строительная климатология» [4], либо из «Справочника по климату» [5].

Основной проблемой при оценке массы загрязняющих веществ, выносимых склоновым стоком с территорий городов, является определение их концентраций. Содержание загрязняющих веществ в стоке с городов может колебаться в широком диапазоне в зависимости от специализации предприятий населенного пункта и интенсивности движения транспорта. В соответствии с [3] концентрации таких общераспространенных ингредиентов, как взвешенные вещества, БПК<sub>пол.</sub> и нефтепродукты для ориентировочных расчетов могут быть взяты из таблицы, приведенной здесь же. Для населенных пунктов, загрязнение территорий которых происходит специфическими загрязняющими веществами, рекомендуется проведение предварительных натурных исследований, или же использование данных по концентрациям загрязняющих веществ в склоновом стоке населенных пунктов, расположенных в той же климатической зоне и имеющих сходную хозяйственную специализацию.

Анализ как литературных, так и Интернет-источников показал, что исследования качества стока с селитебных территорий немногочисленны. Имеются отдельные сообщения по качеству стока с территорий городов Российской Федерации [5, 6], Украины [7–9], Республики Беларусь [10]. Из городов бассейна р. Камы склоновый сток анализировался только в г. Салавате [11]. В связи с этим, при расчете

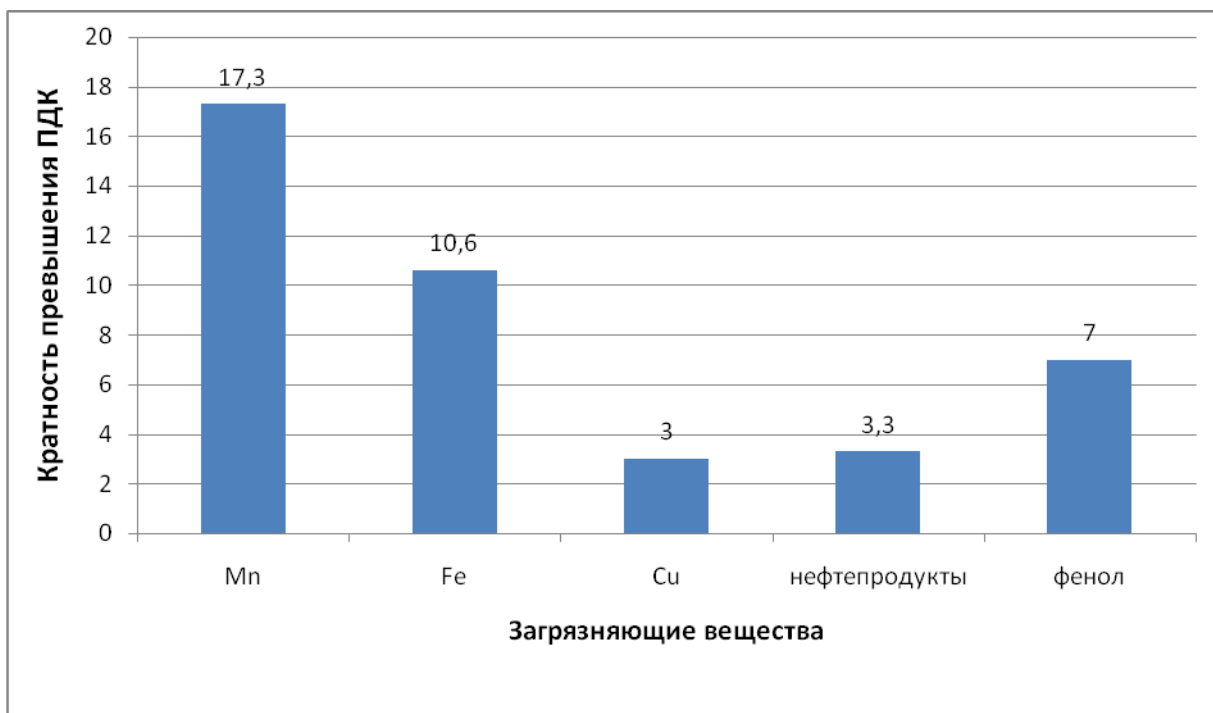
выноса загрязняющих веществ были использованы концентрации: приведенные в [3]; полученные в процессе исследований качества склонового стока в конкретных населенных пунктах бассейна (г. Салават, Республика Башкортостан); рассчитанные как среднее арифметическое концентраций веществ в склоновом стоке с городов определенной специализации.

Площадь формирования стока бралась из генеральных планов конкретных городов. В расчетах использовалась только территория под жилой застройкой и дорогами. Рассчитанные значения масс выноса загрязняющих веществ рассредоточенным стоком с селитебных территорий городов определенного ВХУ сравнивались с массой сброса тех же загрязняющих веществ промышленными предприятиями (в соответствии с данными форм отчетности 2ТП-водхоз) в пределах этого же ВХУ.

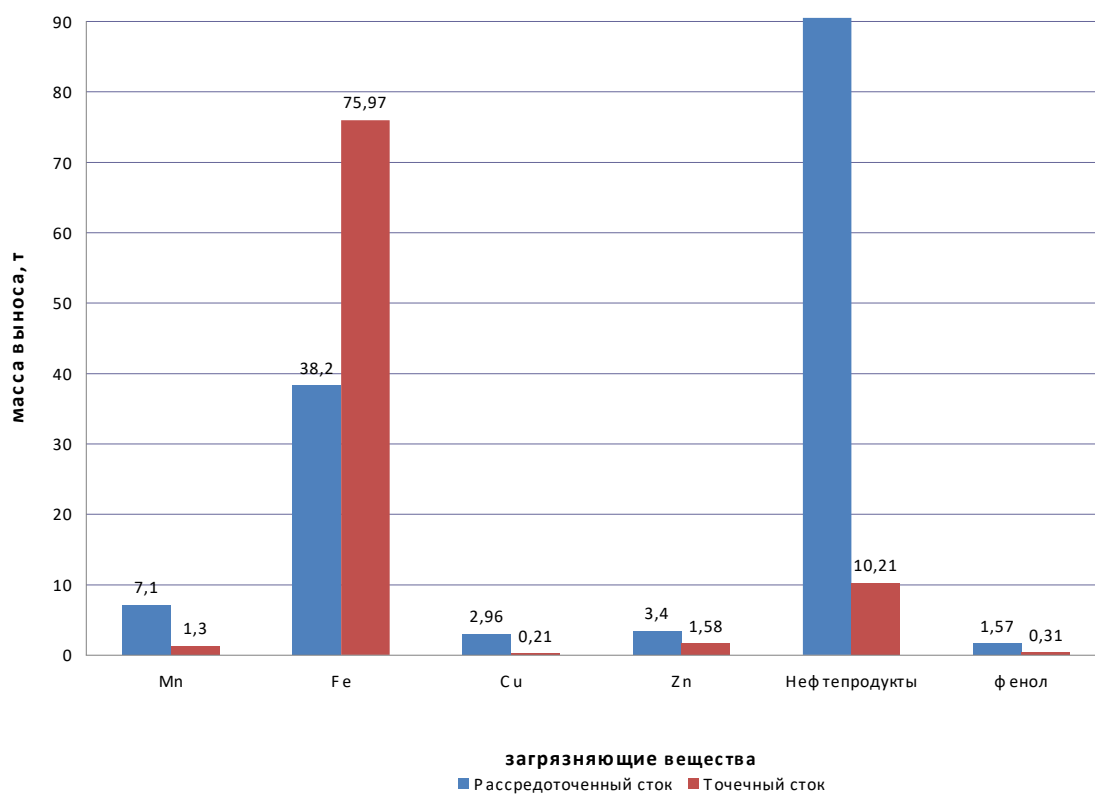
Расчеты показали, что практически по всем водохозяйственным участкам бассейна р. Камы, в пределах которых имеются крупные населенные пункты, вынос приоритетных загрязняющих веществ с селитебных территорий рассредоточенным стоком либо соизмерим с массой загрязняющих веществ, поступающих с точечными сбросами предприятий, либо превышает их. В качестве примера ниже приведены диаграммы для двух водохозяйственных участков.

В пределах водохозяйственного участка 10.01.01.002 расположены такие крупные города Пермского края как Соликамск и Березники, а также два небольших населенных пункта – города Красновишерск и Чердынь. Наибольшее влияние на формирование качества вод р. Камы оказывает сток с территорий городов. Соликамск и Березники, где развита химическая промышленность. Приоритетными загрязняющими веществами в створе ниже г. Березники являются нефтепродукты, фенолы, медь, железо общее и марганец (рис. 1).

Расчет выноса приоритетных веществ с территорий населенных пунктов в пределах данного ВХУ показывает, что основная их масса поступает с ливневым стоком с территорий городов (рис.2).



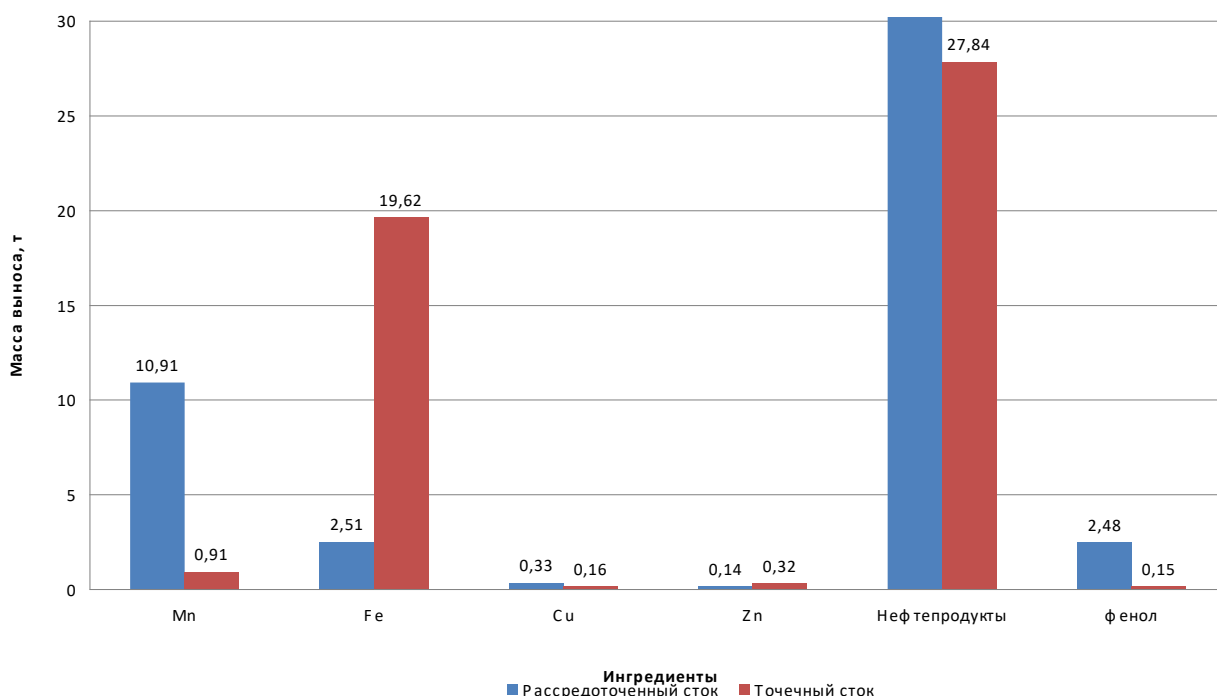
**Рис. 1.** Превышение значений ПДК приоритетными загрязняющими веществами в створе ниже г. Березники (ВХУ 10.01.01.002).



**Рис. 2.** Годовое поступление загрязняющих веществ в р. Каму в пределах ВХУ 10.01.01.002.

На диаграмме из-за трудности визуализации не показана масса выноса взвешенных веществ, но в соответствии с расчетами, большая их часть поступает в водотоки также с рассредоточенным стоком.

Такая же ситуация характерна и для ВХУ 10.01.02.005 (рис. 3), где в пределах водохозяйственного участка находятся городов Ишимбай и Стерлитамак, являющиеся крупными центрами химической и нефтехимической промышленности Башкортостана. При расчете выноса загрязняющих веществ с рассредоточенным стоком в пределах этого ВХУ были использованы данные натурных исследований состава склонового стока в г. Салават [11].



**Рис. 3.** Годовое поступление загрязняющих веществ в р. Белую в пределах ВХУ 10.01.02.005.

Поступление загрязняющих веществ в р. Белую с рассредоточенным стоком (за исключением меди и цинка) значительно превосходит сброс ингредиентов со сточными водами предприятий, находящихся в пределах данного ВХУ.

Таким образом, улучшить качество вод водотоков можно собрав и очистив склоновый сток, а поскольку питание рек склоновыми водами происходит в основном весной, наибольшего эффекта можно достичь, подвергая очистке талые снеговые воды.

В пределах бассейна р. Камы сбор ливневых вод производится лишь в незначительном количестве городов. В г. Перми при общей протяженности улиц 787 км протяженность канализации составляет 129 км (данные за 2007 г.). Не полностью охвачены системой ливневой канализации крупные города Башкортостана и Кировской области (Уфа, Киров). Во многих населенных пунктах канализационная сеть вообще отсутствует. Не до конца решена задача по отводу поверхностных вод с территорий промышленных предприятий. Даже при наличии ливневой канализации основная часть стока сбрасывается в водные объекты без очистки. Основным методом очистки ливневых вод является отстаивание, позволяющее уменьшить поступление в водотоки лишь взвешенных веществ и частично нефтепродуктов.

Часть ливневых стоков с территорий городов отводится на очистные сооружения в одном коллекторе с хозяйственными сточными водами и подвергается биологической очистке (Ижевск и Воткинск). Однако это лишь небольшая часть от объема ливневых вод.

Задача снижения негативного влияния стока с городов на водотоки может быть решена устройством систем сбора и очистки поверхностных склоновых вод. Причем основное внимание в рассматриваемых природно-климатических условиях должно быть уделено талым снеговым водам, наиболее загрязненным и имеющим больший объем по сравнению с дождевым стоком. В настоящее время данная задача решается либо устройством снегосплавных пунктов, использующих тепло городской канализационной сети и сбросных вод ТЭЦ, либо организацией сухих снегосвалок, оборудованных очистными сооружениями. Устройство снегосплавных пунктов возможно, в основном, в крупных городах, где имеются коллекторы сточных вод большого диаметра. Снегоплавление может быть организовано на стационарных, передвижных и самоходных снегосплавных пунктах. Площадки сухого складирования снега обычно устраиваются за городом при наличии свободных площадей.

Как показали предварительные расчеты, затраты на строительство очистных сооружений систем ливневой канализации, а также сухих снегосвалок быстро окупаются в результате снижения ущербов, наносимых водным объектам в результате поступления загрязняющих веществ с рассредоточенным стоком с территорий городов.

## **Выводы**



Анализ данных, полученных в результате расчета выноса загрязняющих веществ с территорий крупных городов бассейна р. Камы, позволяет сделать следующие выводы:

- высокие концентрации загрязняющих веществ ниже населенных пунктов формируются не только за счет сброса сточных вод предприятий, но и за счет рассредоточенного поступления загрязняющих веществ с селитебных территорий;
- массы взвешенных веществ, нефтепродуктов, фенолов, железа, марганца, поступающие в водные объекты с рассредоточенным стоком, превышают сброс данных ингредиентов со сточными водами предприятий практически на всех ВХУ бассейна р. Камы;
- в связи с существенным влиянием стока с территории городов на качество поверхностных вод, в план структурных мероприятий, разрабатываемых в рамках СКИОВО бассейнов рек, необходимо включать:
  - строительство городских сооружений очистки ливневых вод (в том случае, если имеется система ливневой канализации);
  - организацию сбора и очистки поверхностных вод с территорий промплощадок, где данная система не реализована;
  - строительство сухих снегосвалок с очистными сооружениями в первую очередь в городах, где представлены предприятия с значительными выбросами в атмосферу загрязняющих веществ;
  - организацию снегосплавных пунктов в наиболее крупных городах, имеющих канализационные коллекторы большого диаметра.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Методические указания по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов. Приказ МПР России от 4 июля 2007 г. № 169.
2. Китаев А.Л. Очистка поверхностного стока с территорий городов // Водоснабжение и санитарная техника. 1997. № 2. С. 20–21.
3. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М., 2006. 55 с.
4. СНИП РФ 23-01-99 Строительная климатология.

5. URL: <http://ej.kubagro.ru/2007/3/pdf/03.pdf>.
6. Подземные воды на территории г. Королев Московской области // URL: [http://www.geokorolev.ru/korolev\\_ecology\\_groundwater.html](http://www.geokorolev.ru/korolev_ecology_groundwater.html).
7. Дзайкова Л.В. Исследование поверхностного стока с территории г. Донецка // URL: <http://www.masters.donntu.edu.ua/2007/feht/dseikova/diss>.
8. URL: <http://gp-info.forest.ru/dnipro/html/rus/chart/chart4.4.htm>
9. Машина Л.Л., Горяинов Э.И., Демехина Г.А. Эколого-экономические аспекты эксплуатации систем дождевой канализации // URL: [http://www.uhmi.org.ua/pub/np/251/25\\_Mash\\_Gor\\_Dem.pdf](http://www.uhmi.org.ua/pub/np/251/25_Mash_Gor_Dem.pdf)
10. Золотов С. Чем цивилизованнее местность, тем грязнее сток // Строительство и недвижимость / URL: <http://www.nestor.minsk.by/sn/1998/24/sn82416.htm>
11. Салимова Ф.А., Степанов Е.Г., Шафиков М.А. и др. Влияние городских сточных вод в загрязнении почвы населенных мест и воды открытых водоемов // Успехи современного естествознания. 2004. № 8. С. 104–108.

**Сведения об авторах:**

Федорова Елена Владимировна, к. г. н., ведущий научный сотрудник, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ), 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23; e-mail: [ev\\_fedorova@mail.ru](mailto:ev_fedorova@mail.ru)

Карпунина Оксана Петровна, инженер, ФГУП РосНИИВХ, г. Екатеринбург

Максимчук Наталья Сергеевна, инженер, ФГУП РосНИИВХ, г. Екатеринбург