

УДК 574.4/5 (082)

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ РЕКИ ПОДБОРЕНКИ

© 2015 г. М.Э. Наумова, И.Л. Бухарина

ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск

Ключевые слова: малая река, водосборная площадь, водоохранная зона, створы наблюдений, гидрологические фазы, селитебная и промышленная зоны, ливневая канализация.



М.Э. Наумова



И.Л. Бухарина

Представлены результаты изучения влияния урбанизированной среды на состояние р. Подборенки, входящей в водосборную площадь важного градообразующего объекта – Ижевского водохранилища. Рассмотрены гидрологические и гидрохимические характеристики реки, динамика содержания меди в поверхностных водах в основные гидрологические фазы. Установлено, что основная масса меди поступает в водный объект с рельефа местности с поверхностным стоком атмосферных осадков.

Каждая группа рек характеризуется гидрологическими и геоморфологическими параметрами. Многие из них установлены эмпирически, но, тем не менее, четко описывают особенности тех или иных рек. Малыми принято считать реки длиной менее 100 км и площадью бассейна в пределах 1–2 тыс. км². Такие размеры обуславливают специфический гидрологический режим малых рек, характеризующийся в отличие от средних и крупных рек своей малой зарегулированностью и очень быстрым реагированием на климатические и антропогенные изменения в бассейне [1].

В результате резко возросшей антропогенной нагрузки состояние малых рек оценивается как катастрофическое, значительно сократился их сток. Возросло число рек, прекративших существование, многие водные объекты – на грани исчезновения. Антропогенное воздействие на малые реки обусловлено хозяйственной деятельностью, которая осуществляется как в пределах водосборных бассейнов, так и на самих водотоках. Источниками загрязнения малых рек являются промышленные, коммунальные и ливневые сточные воды, поверхностный сток поступающих с рельефа местности атмосферных осадков, а также бытовой и промышленный мусор, сбрасывающийся в водоохранные зоны водных объектов [2].

Основной проблемой малых рек является недостаточная изученность их экологического состояния. Цель данной работы – исследование содержания меди в поверхностных водах р. Подборенки и экологическая оценка ее состояния.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Река Подборенка является левым притоком р. Иж (Удмуртская республика) и одной из рек, входящих в водосборную площадь Ижевского водохранилища. Река полностью протекает по территории Октябрьского района г. Ижевска. Практически 40 % всей водосборной площади реки пересечено автодорогами.

Длина р. Подборенки – 4,9 км, река впадает в Ижевское водохранилище на расстоянии 186,0 км от устья р. Иж. Водосборная площадь р. Подборенки составляет 13,4 км², водохозяйственный участок 10.01.01.012 (р. Иж) определен в соответствии с Методикой водохозяйственного районирования (утверждена приказом МПР РФ от 25.04.2007 № 111 «Об утверждении методики водохозяйственного районирования территории Российской Федерации») [3]. Код водного объекта реки Кас/Волга/1804/124/186. Величина годового объема стока в устье р. Подборенки при 50 % обеспеченности составляет 1,98, при 75 % – 1,64, при 95 % – 1,23 млн м³. Величина годового расхода воды в устье реки при 50 % обеспеченности – 0,063, при 75 % – 0,052, при 95 % обеспеченности – 0,039 м³/с [4].

В г. Ижевске действует система мониторинга за состоянием поверхностных водных объектов, но р. Подборенка в нее не включена. Комплексная система наблюдений, оценка и прогноз изменений состояния под влиянием антропогенных воздействий для данного водного объекта не осуществляются. В связи с этим в 2013 г. на начальном этапе проведено рекогносцировочное обследование морфологических и географических показателей р. Подборенки. При проведении исследований в 2014 г. использовались традиционные гидрохимические и гидрологические методы, а также сравнительный и статистический анализы, методы экологического мониторинга.

Для проведения исследований состава и свойств воды были определены места отбора проб на водотоке в соответствии с пунктом 5.1.2 РД 52.24.309-2011 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши» [5]. В результате выделены 4 створа наблюдения, расположение которых фиксировалось с помощью системы глобального позиционированного GPS.

Створ № 1: исток р. Подборенки (географические координаты 56°53'17.35" с. ш.; 53°13'2.52" в. д.) располагается в 200,0 м от истока и показывает фоновое природное загрязнение водного объекта.

Створ № 2: р. Подборенка – ул. Холмогорова (56°52'33.98" с. ш.; 53°11'57.18" в. д.) располагается в 2,8 км от истока реки. Данный створ позволяет оце-

нивать степень загрязненности реки и ее водосборной площади, степень влияния источников загрязнения на расстоянии 0,2 – 2,8 км от истока водного объекта.

Створ № 3: р. Подборенка – ул. Кирова (56°51'35.68" с. ш.; 53°11'22.86" в. д.) в 4,7 км от истока реки. На данном створе исследовали степень загрязненности реки и ее водосборной площади, влияние источников загрязнения на расстоянии 2,8 – 4,7 км от истока водного объекта.

Створ № 4: устье р. Подборенки (56°51'27.91" с. ш.; 53°11'21.48" в. д.). Створ располагается в месте впадения реки в Ижевское водохранилище на р. Иж и позволяет оценивать степень загрязненности реки и ее водосборной площади, степень влияния источников загрязнения на расстоянии 4,7 – 4,9 км от истока. Полученные результаты отражают количество загрязняющих веществ, поступающих в Ижевское водохранилище из реки.

На каждом из установленных створов в 2014 г. проведены следующие работы: отобраны пробы воды для определения содержания меди, измерены скоростные и морфометрические характеристики для определения расходов воды, а также температура воды, исследовано состояние водоохранной зоны.

Пробы воды отбирали в соответствии с ГОСТ Р 51592–2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» и Р 52.24.353-2012 «Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод» с левого берега р. Подборенки [6,7]. Анализируемую пробу в каждом створе получали смешиванием равных объемов, отобранных через равные промежутки времени, т. е. получали смешанную пробу (в объеме 10 л). Отбор проб поверхностной воды осуществляли с берега (использовался пробоотборник горизонтальной конфигурации).

Отбор проб воды и ее химический анализ проводили специалисты ФГУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Приволжскому федеральному округу» (аттестат аккредитации испытательной лаборатории РОСС RU 0001.514502). Результат количественного химического анализа поверхностной воды р. Подборенки представлен как среднее арифметическое из двух параллельных определений.

Анализ поверхностной воды на содержание меди осуществлялся в соответствии с ПНД Ф 14.1:2:4.257-10. Данная методика применяется для измерения массовой концентрации меди в пробах природных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» [8].

Даты отбора проб поверхностной воды выбирали на основании РД 52.24.309-2011 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши» в основные гидрологические фазы: во время половодья (подъем, пик и спад), летне-осенней межени (наименьшего расхода и прохождения дождевого паводка), осенью перед ледоставом и в зимнюю межень [9]. В некоторые гидрологические

режимы (спад половодья, в летне-осеннюю межень наименьшего расхода и прохождения дождевого паводка, осенью перед ледоставом) отбор проб поверхностной воды из створа № 4 не производился, т. к. на данном участке наблюдалась зона выклинивания подпора. В зимнюю межень отбор проб поверхностной воды не производился в створе № 1, где вода замерзала.

В соответствии с данными ФГУ «Камско-Уральского бассейнового управления по рыболовству и сохранению биологических ресурсов» (ФГУ «Камуралрыбвод») р. Подборенка относится к водному объекту рыбохозяйственного значения. Эталонным значением загрязняющих веществ в воде поверхностного водного объекта является предельно допустимая концентрация рыбохозяйственного значения (ПДК_{рх}). За ПДК рыбохозяйственного значения принимаются нормативы качества воды, включающие нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ, установленные в соответствии с приказом Федерального агентства по рыболовству № 20 от 18.01.2010 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». Для меди ПДК_{рх} составляет 0,001 мг/дм³ [10].

Для исследования гидрологических характеристик р. Подборенки применяли гидрометрические методы. При определении глубины использовали переносную водомерную рейку, с помощью которой проводили глубинные промеры по всей ширине створа реки. Ширину определяли разницей расстояний урезом левого и правого берегов. Скорость р. Подборенки измеряли с помощью гидрометрических поплавков. Результаты определения ширины, глубины и скорости течения в каждом створе представлены как среднее арифметическое из пяти параллельных определений. Площадь водного сечения реки определяли аналитически суммированием геометрических площадей, на которые водный объект делится сечением промерными вертикалями. Расход воды рассчитывали как объем воды, протекающей через поперечное сечение потока в единицу времени и определяли как произведение площади водного сечения на среднюю скорость течения воды в анализируемом створе водного объекта.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

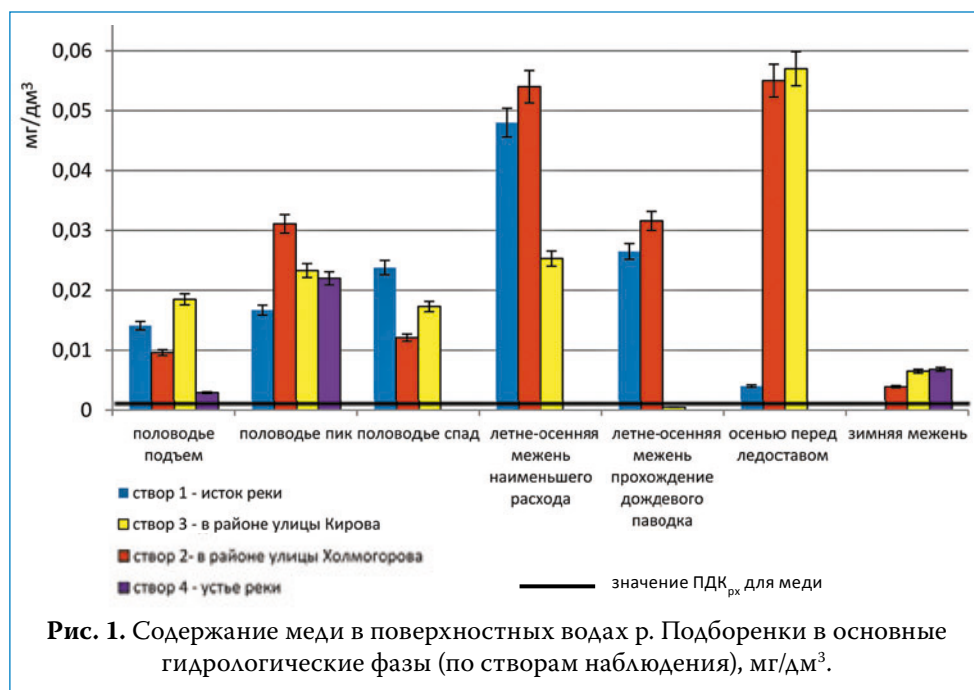
Результаты химического анализа на содержание меди в поверхностных водах р. Подборенки в основные гидрологические фазы по створам наблюдения представлены на рис. 1.

Минимальная концентрация меди в воде р. Подборенки установлена в летне-осеннюю межень во время прохождения дождевого паводка в створе № 3 со значением менее 0,0005 мг/дм³. Максимальная концентрация отмечена осенью перед ледоставом в створе № 3 – 0,057±0,019 мг/дм³.

Среднее значение концентрации меди в створе № 1 составляет $0,02 \pm 0,016$, в створе № 2 – $0,028 \pm 0,021$, в створе № 3 – $0,023 \pm 0,019$, в створе № 4 – $0,011 \pm 0,010$ мг/дм³. В створах наблюдается превышение ПДК_{рх} в 20, 28, 23 и 11 раз соответственно.

Самые высокие показатели содержания меди установлены в створах № 2 и № 3 в районах автомагистралей. Наблюдается фоновое (природное) загрязнение водного объекта медью во все гидрологические фазы с превышением предельно допустимых концентраций.

В целом превышение ПДК меди в поверхностном водном объекте фиксируется в течение всего года (за исключением створа № 3 в летне-осеннюю межень во время дождевого паводка), что свидетельствует о непрерывном загрязнении р. Подборенки.



Средние значения гидрологических и морфометрических исследований р. Подборенки по створам наблюдения представлены в таблице.

Результаты расчета расхода р. Подборенки в основные гидрологические фазы отражены на рис. 2.

Таким образом, водность р. Подборенки увеличивается от истока к устью, что предполагает возможность разбавления загрязняющих веществ в водотоке, но химический анализ воды показывает постоянное увеличение концентраций меди в водном объекте.

Таблица. Средние значения гидрологических и морфометрических показателей р. Подборенки по створам наблюдения

Створы наблюдения	Средние значения исследуемых показателей				
	ширина, м	глубина, м	скорость течения, м/с	площадь водного сечения, м ²	расход воды, м ³ /с
1	0,83*±0,19	0,06±0,019	0,208±0,184	0,07	0,01
2	2,01±0,57	0,18±0,277	0,374±0,090	0,20	0,07
3	3,17±0,62	0,09±0,064	0,513±0,139	0,29	0,22
4	3,57±1,67	0,69±0,402	0,52±0,127	1,29	0,66

Примечание: * – среднее значение; ± стандартное отклонение.

По результатам химического анализа поверхностных вод на содержание меди, а также определения гидрологических и морфометрических показателей водного объекта произведен расчет массы меди в р. Подборенка. Расчет массы меди в водном объекте производили по формуле

$$M = C \cdot Q \cdot t / 1000,$$

где M – масса меди в поверхностном водном объекте, кг;

C – концентрация меди, мг/дм³;

Q – расход воды, м³/с;

t – промежуток времени, за которой производится расчет, с.

Расчет поступающей в поверхностный водный объект массы меди показал, что средняя масса меди в створе № 1 составляет 0,606, в

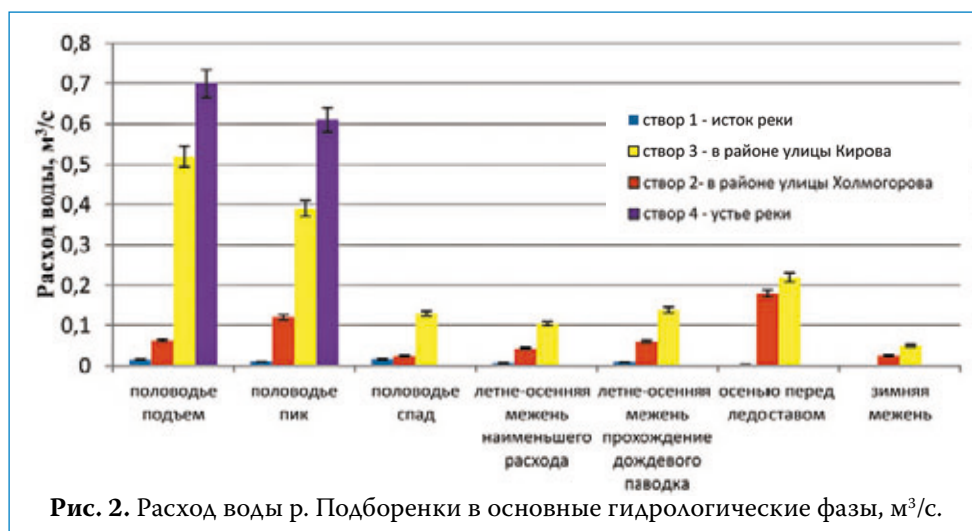


Рис. 2. Расход воды р. Подборенки в основные гидрологические фазы, м³/с.

створе № 2 – 7,135, в створе № 3 – 13,830, в створе №4 – 20,110 кг/месяц. В среднем в Ижевское водохранилище поступает 20,110 кг меди в месяц. Произведенные расчеты указывают на увеличение массы меди в р. Подборенке от истока к устью, что усиливает антропогенное воздействие на Ижевское водохранилище.

С целью выявления состояния водоохранной зоны и потенциальных источников загрязнения водосборной площади р. Подборенки проведены следующие исследования: определение площади залуженных участков, участков под кустарниковой и древесно-кустарниковой растительностью на территории водоохранной зоны в соответствии с Приказом Минприроды РФ от 06.02.2008 № 30 «Порядок представления сведений, полученных в результате наблюдений за водными объектами, заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, собственниками»; учет хозяйственно-бытовых субъектов на территории водоохранной зоны и выявление потенциальных источников загрязнения [11]. Следует указать, что ширина водоохранной зоны р. Подборенки составляет 50 м (в соответствии с пунктом 4 статьи 65 Водного кодекса РФ) [12]. Результаты исследования представлены на рис. 3.

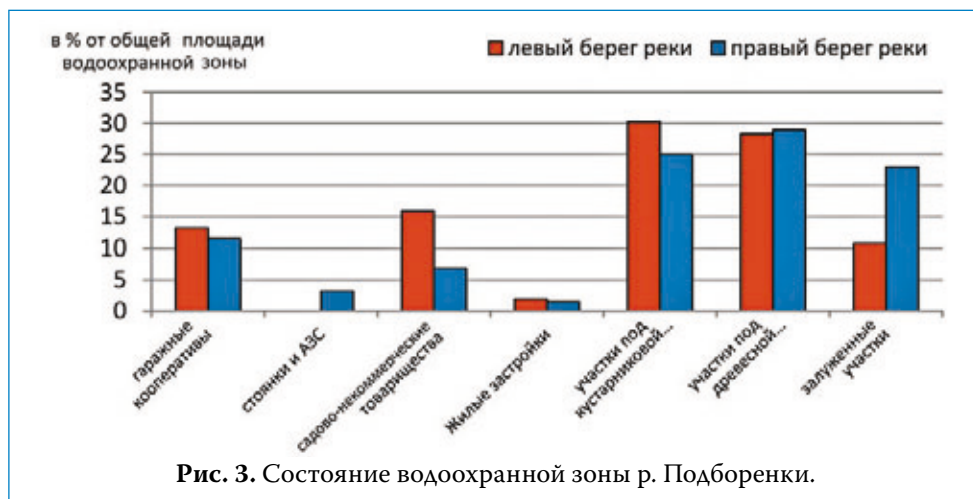


Рис. 3. Состояние водоохранной зоны р. Подборенки.

Площади потенциальных источников загрязнения (в процентах от общей площади водоохранной зоны) составляют: гаражные кооперативы – 12,0 %; стоянки автотранспорта и АЗС – 3,2 %; садовые некоммерческие товарищества – 11,4 %; жилая зона – 1,7 %; автодороги – 3,0 %.

После выявления источников загрязнения проведено их ранжирование по степени потенциального вклада в загрязнение водного объекта: автодороги > гаражные кооперативы и АЗС > стоянки автотранспорта > садово-некоммерческие товарищества и жилые застройки.

Медь на рельеф местности в основном поступает при выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух от промышленных предприятий, в поверхностные воды за счет вымывания частиц из почвы, а также при инфильтрации дождевых и талых вод через свалки в грунтовые воды.

Ливневые сточные воды с поверхности автодорог также являются мощным источником загрязнения водосборной площади медью. Можно предположить, что основная масса меди поступает в водный объект с рельефа местности с поверхностным стоком атмосферных осадков с водосборной и водоохранной площадей.

Для оценки возможного поступления меди с рельефа местности проведен анализ данных Муниципального унитарного предприятия «Ижводоканал» за 2009–2014 гг., которое осуществляет ежеквартальный мониторинг качества ливневых сточных вод, образовавшихся на территории структурных подразделений предприятия. Эти данные используются для расчета платы за неорганизованный сброс сточных вод. Данные о содержании меди в ливневых сточных водах представлены среднегодовыми значениями, их можно использовать как средние статистические показатели по городу. Анализ осуществляется в лаборатории МУП «Ижводоканал» (аттестат аккредитации № РОСС RU. 0001.516858).

Средняя концентрация меди, содержащаяся в ливневых сточных водах подразделений предприятия в 2009 г. составила $0,015 \pm 0,018$ мг/дм³, в 2010 г. – $0,132 \pm 0,325$, 2011 г. – $0,005 \pm 0,003$, 2012 г. – $0,0015 \pm 0,0007$, 2013 г. – $0,0026 \pm 0,0013$, в 2014 г. – $0,009 \pm 0,007$ мг/дм³, что превышает показатели ПДК_{рх}. Таким образом, можно принять минимальную концентрацию меди в поверхностном стоке, поступающем с рельефа местности в водный объект, со значением $0,025 \pm 0,051$ мг/дм³.

Следует отметить, что в Ижевске существует ливневая система сбора стоков, но сооружения по очистке данной категории воды отсутствуют, поэтому ливневые сточные воды с территории города сбрасываются в реки Подборенка, Иж и Карлутка. Ливневая канализация была построена в середине XX в. и до настоящего времени не подвергалась капитальному ремонту. По официальным данным уровень затрат, необходимых для восстановления нормативного состояния ливневой канализации, оценивается примерно в 7–8 млрд руб. [13].

При обследовании водоохранной и водосборной площадей р. Подборенки были выявлены факты, которые требуют более детального исследования и внимания уполномоченных органов Правительства Удмуртской Республики:

– несанкционированная свалка в водоохранной зоне реки находится в 100–150 м от створа наблюдения № 1. Основной вид отходов составляют бытовые приборы, использованные детали машин, автозапчасти, предположительно поступающие от расположенного рядом гаражного кооператива.

– на ул. 50 лет ВЛКСМ осуществлялось строительство «Автосервиса. Шиномонтаж» (130 м западнее от створа наблюдения № 2). Во время отбора проб воды в зимнюю межень выявлен факт незаконного сброса сточной воды предположительно от данного предприятия. Водосборная площадь захламлена строительным мусором.

– во время отбора проб из створа № 3 в зимнюю межень обнаружена труба, из которой в р. Подборенку поступала сточная вода. Была отобрана проба сточной воды и проведен ее химический анализ. Температура воды составила +4,5 °С, концентрация меди менее 0,0005 мг/дм³. В остальные периоды года сточная вода из данной трубы не отбиралась и не анализировалась, в летний период сток не был обнаружен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование р. Подборенки показало ее высокую загрязненность медью на всей протяженности. Минимальная концентрация меди в воде р. Подборенки установлена в летне-осеннюю межень во время прохождения дождевого паводка в створе № 3, а максимальная – осенью перед ледоставом в створе № 3. Самые высокие показатели содержания меди отмечены в створах № 2 и № 3 в районах автомагистралей. Наблюдается фоновое (природное) загрязнение водного объекта медью во все гидрологические фазы с превышением предельно допустимых концентраций.

В целом превышение ПДК меди в поверхностном водном объекте зафиксировано в течение всего года (за исключением показателей содержания меди в створе № 3 в летне-осеннюю межень во время дождевого паводка), что свидетельствует о непрерывном загрязнении р. Подборенки.

Основными источниками загрязнения водоохранной зоны и водосборной площади являются автодороги, гаражные кооперативы, АЗС и стоянки автотранспорта. Основная масса меди поступает в водный объект с рельефа местности с поверхностным стоком атмосферных осадков. Увеличение массы меди в реке происходит от истока к устью, что повышает антропогенное воздействие на Ижевское водохранилище. Средняя расчетная масса меди, поступающей из р. Подборенки в Ижевское водохранилище, составляет 97,000 кг в год.

Основной причиной констатируемого неблагополучия воды является создаваемая городом техногенная нагрузка. Изменить ситуацию можно путем внедрения комплекса инженерных, экономических, экологических и юридических мероприятий. Ни одно из них в отдельности не является универсальным средством решения проблемы.

Работы по экологической оптимизации водосборной площади р. Подборенки должны сопровождаться выявлением существующих источников загрязнения, установлением в их отношении необходимого контроля. В качестве организационной меры можно предложить внедрение регули-

рующих методик, обеспечивающих снижение воздействия деятельности хозяйствующих субъектов на водный объект. Комплекс инженерных, экономических, экологических и юридических мероприятий должен сопровождаться государственным мониторингом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ржаницын Н.А.* Руслоформирующие процессы рек. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 263 с.
2. Экология малых рек России: проблемы и пути их решения / Бюллетень строительной техники Москва: Издательство «БСТ» 2004. № 10. 83 с.
3. Методика водохозяйственного районирования территории Российской Федерации (утв. приказом МПР РФ от 25.04.2007 № 111 «Об утверждении методики водохозяйственного районирования территории Российской Федерации»)
4. Ижевский пруд; сб. статей / под ред. В.В. Туганаева. Ижевск: Изд. дом «Удмуртский университет», 2002. 188 с.
5. РД 52.24.309-2011. Руководящий документ. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши.
6. ГОСТ Р 51592–2000. Вода. Общие требования к отбору проб воды.
7. Р 52.24.353-2012. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод.
8. Методика выполнения измерений массовой концентрации меди в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» ПНД Ф 14.1:2:4.257-10
9. РД 52.24.309-2011. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши.
10. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».
11. Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РФ от 06.02.2008 № 30 «Порядок представления сведений, полученных в результате наблюдений за водными объектами, заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, собственниками».
12. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ.
13. *Инга Коган.* «Агашин рассказал, когда решится проблема с ливневкой в Ижевске». Режим доступа: URL: <http://izhlife.ru/events/16688-agashin-rasskazal-kogda-reshitsya-problema-s-livnevkoj-v-izhevsk.html> (дата обращения 01.05.2014)

Сведения об авторах:

Наумова Марина Эдуардовна, аспирант, кафедра инженерная защита окружающей среды, ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», 426034 г. Ижевск, Университетская, 1; e-mail:esenin8@gmail.com

Бухарина Ирина Леонидовна, д-р биол. наук, профессор, заведующая кафедрой инженерная защита окружающей среды, ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», 426034 г. Ижевск, Университетская, 1; e-mail: buharin@udmlink.ru