

УДК 504.4.054

М.Э. Наумова, И.Л. Бухарина

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕКИ ПОДБОРЕНКА С ЦЕЛЬЮ НОРМИРОВАНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ИЖЕВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Проблема резкого изменения химического состава воды Ижевского водохранилища является крайне насущной, так как водохранилище является основным источником питьевого водоснабжения города Ижевска. Мониторинг состояния Ижевского водохранилища и его водосборной площади проводится только промышленными предприятиями. Малая река Подборенка впадает в Ижевское водохранилище, образуя локальный очаг загрязнения. Изучены гидрологические характеристики, качество воды реки Подборенка и его влияние на состояние Ижевского водохранилища. Установлена максимальная кратность превышения предельно допустимой концентрации загрязняющих веществ и дана оценка степени загрязненности воды в реке по створам наблюдений. Антропогенное воздействие на реку Подборенка обусловлено хозяйственной деятельностью, которая осуществляется как в пределах водосборного бассейна, так и на самом водотоке. Предложен расчет нормативов допустимого поступления тяжелых металлов с реки Подборенка в Ижевское водохранилище.

Ключевые слова: малая река, створы наблюдения, гидрологические фазы, водосборная площадь, водоохранная зона, гидрологические и гидрохимические параметры, объем загрязняющих веществ, качество воды, нормативы поступления загрязняющих веществ.

Ижевское водохранилище – это искусственный водоем, созданный в 1760–1763 гг. в центральной части Удмуртской Республики на реке Иж, для нужд Ижевского железодельного завода. В настоящее время водохранилище является градообразующим объектом крупного промышленного центра Уральского региона, источником хозяйственно-бытового и промышленного водоснабжения города Ижевска, среднегодовой объем забора воды составляет 65–70 млн м³.

Загрязняющие вещества поступают в Ижевское водохранилище, как со сточными водами промышленных предприятий, так и через водосборную площадь водного объекта. В последнее время началась интенсивная застройка водосборной площади водохранилища, это приводит к значительному ухудшению качества воды и усилению процесса эвтрофирования водоема.

Проводимые ранее природоохранные мероприятия, направленные на стабилизацию состояния Ижевского водохранилища, не позволили обеспечить значительного улучшения качества воды в водоеме. Единая система мониторинга за состоянием Ижевского водохранилища и его водосборной площади отсутствует, а оценка воздействия водосборной площади на водохранилище не проводится [1; 2].

Водосборная площадь водохранилища представлена реками Подборенка, Пазелинка, Малиновка и Люк. Для исследования была выбрана наиболее крупная река Подборенка, протекающая по территории Ижевска. Процессы урбанизации усиливают изменения гидрохимических и гидрологических характеристик реки и являются основной причиной изменения водности малой реки, ухудшения качества воды реки, и как следствие Ижевского водохранилища. Изучение экологического состояния реки Подборенка ранее не проводилось [3].

Таким образом, исследование экологических характеристик реки Подборенка, входящей в водосборную площадь водохранилища, с целью анализа ее вклада в состояние водоема и разработка научно обоснованного расчета нормативов допустимого поступления загрязняющих веществ с малой реки в Ижевское водохранилище является весьма актуальным.

Целью исследований являлось изучение геоэкологических параметров реки Подборенка в условиях урбанизированной среды для оценки поступления загрязняющих веществ в Ижевское водохранилище.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели была разработана программа исследований, в которую положен принцип комплексности и интегративности. В работе применены методы, используемые в экологии и гидрологии. Проведен выбор створов наблюдения на водотоке для отбора проб поверхностной воды. При выборе створов наблюдения учитывались: доступность места отбора проб при лю-

бых погодных условиях; трудоёмкость отбора проб; безопасность работ, а также возможность оценки качества воды на всей протяженности реки¹. В результате были выделены 4 створа наблюдения, расположение которых фиксировалось с помощью системы глобального позиционирования GPS (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема расположения створов наблюдения на реке Подборенка
Условные обозначения: ● – створы наблюдения (ст.).

Далее приводится описание створов наблюдения.

Створ № 1: исток р. Подборенка (географические координаты $56^{\circ}53'17.35''$ с. ш.; $53^{\circ}13'2.52''$ в. д.), располагается в 200,0 м от истока и показывает фоновое природное загрязнение водного объекта.

Створ № 2: р. Подборенка – в районе ул. Холмогорова ($56^{\circ}52'33.98''$ с. ш.; $53^{\circ}11'57.18''$ в. д.), располагается в 2,8 км от истока реки.

Створ № 3: р. Подборенка – в районе ул. Кирова ($56^{\circ}51'35.68''$ с. ш.; $53^{\circ}11'22.86''$ в. д.), располагается в 4,7 км от истока реки.

Створ № 4: устье р. Подборенка ($56^{\circ}51'27.91''$ с. ш.; $53^{\circ}11'21.48''$ в. д.). Створ располагается в месте впадения реки в Ижевское водохранилище. Результаты химического состава и содержания загрязняющих веществ отражают их количество, поступающее в Ижевское водохранилище с реки.

В выбранных створах проведен отбор проб поверхностной воды (смешанная проба, составленная смешением равных объемов проб, отобранных через равные промежутки времени)². Отбор проб воды в створе осуществляли в трех точках: в фарватере и у обоих берегов (использовали пробоотборник горизонтальной конфигурации) при контроле сотрудников ФГУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Приволжскому федеральному округу». Отбор проб воды проводили в основные

¹ ГОСТ Р 51592–2000. Вода. Общие требования к отбору проб воды. М., 2008.

² Р 52.24.353-2012. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод.

гидрологические фазы: во время половодья (подъем, пик и спад), летне-осенней межени (наименьшего расхода и прохождение дождевого паводка), осенью перед ледоставом и в зимнюю межень³.

В полевых условиях определяли гидрологические характеристики исследуемых объектов с помощью гидрометрических методов: для определения глубины использовали переносную водомерную рейку, с помощью которой проводили глубинные промеры по всей ширине створа реки; скорость воды измеряли с помощью гидрометрических поплавков (принцип измерения заключается в измерении пути, пройденного поплавками за единицу времени)⁴; ширину реки определяли разницей расстояний урезом левого и правого берегов [4]. Результат расчета ширины, глубины и скорости течения в каждом створе представлен как среднее арифметическое из трех параллельных определений. В районах изучения проведено исследование состояния водоохранной зоны водного объекта по пяти категориям: с искусственным покрытием, заболоченные, недоступные, оголенные территории и растительные группировки [5].

В лабораторных условиях в ФГУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Приволжскому федеральному округу» определяли химический состав воды. Результаты количественного химического анализа поверхностной воды представлены как средние арифметические показатели из двух параллельных измерений. Химический анализ воды производили в соответствии с утвержденными методиками.

На основании результатов изучения фондовых материалов за 2005–2008 гг. (производственные данные МУП г. Ижевска «Ижводоканал»), были обозначены загрязняющие вещества, вносящие вклад в загрязнение реки Подборенка. Это следующие загрязняющие вещества: взвешенные вещества, аммоний-ион, нитрат-ион, нитрит-ион, анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ), медь, никель, цинк, хлорид-ион, фосфат-ион, сульфат-ион и нефтепродукты.

Для комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям был произведен расчет удельного комбинаторного индекса загрязненности вод⁵.

По данным ФГУ «Камско-Уральского бассейнового управления по рыболовству и сохранению биологических ресурсов» (ФГУ «Камуралрыбвод»), река Подборенка относится к водным объектам рыбохозяйственного значения. Эталонным значением загрязняющих веществ в воде поверхностного водного объекта является предельно допустимая концентрация рыбохозяйственного значения (ПДК рх)⁶.

Результаты и их обсуждение

В основные гидрологические фазы были измерены следующие гидрологические характеристики реки Подборенка: скорость течения воды, ширина и глубина реки (табл. 1).

Таблица 1

Предельные гидрологические характеристики реки Подборенка

№ п/п	Гидрологическая характеристика	Минимальные значения	Максимальные значения
1.	Скорость течения, м/с	0,03±0,01 ^{*1} 0,01-0,05 ^{*2}	0,68±0,07 0,50-0,86
2.	Ширина водного объекта, м	0,60±0,02 0,56-0,63	6,00±0,09 5,78-6,22
3.	Глубина водного объекта, м	0,01±0,00 0,01-0,01	1,10±0,10 0,85-1,35

Примечание. ^{*1} – среднее значение ± стандартное отклонение, ^{*2} – доверительный интервал для среднего значения.

³РД 52.24.309-2011. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. Ростов-н/Д., 2011.

⁴ СанПин 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод.

⁵РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов-н/Д., 2002.

⁶ Приказ 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».

Данные гидрологические характеристики реки увеличиваются от истока к устью. Наибольшие значения наблюдаются во время подъема половодья, а минимальные – во время межени. Для оценки изменения расхода воды в реке произвели расчет площади водного сечения.

Оценка полученных значений расхода воды в реке показывает, что наибольший расход наблюдается во время половодья в устье реки Подборенка (створ наблюдения №4) со значением 0,7 м³/с (табл. 2).

Таблица 2

Динамика расхода воды в реке Подборенка, м³/с

№ п/п	Наименование гидрологической фазы	Створы наблюдения			
		створ №1 – исток реки	створ №2 – в районе ул. Холмогорова	створ №3 – в районе ул. Кирова	створ №4 – устье реки
1.	Половодье подъем	0,016	0,063	0,520	0,700
2.	Половодье пик	0,011	0,120	0,390	0,610
3.	Половодье спад	0,017	0,024	0,130	нет данных*
4.	Летне-осенняя межень наименьшего расхода	0,007	0,043	0,104	нет данных
5.	Летне-осенняя межень дождевого паводка	0,009	0,060	0,140	нет данных
6.	Осенью перед ледоставом	0,003	0,180	0,220	нет данных
7.	Зимняя межень	нет данных	0,025	0,050	нет данных

Примечание. * – исследования не проводились по причинам выклинивания зоны подбора Ижевского водохранилища или замерзания воды в реке.

Сравнительный анализ полученных значений (2014–2016) с фондовыми материалами (2005–2008 гг.) выявил существенные изменения показателей реки Подборенка (в створах наблюдения № 3 и № 4). Основная причина – изменение условий формирования поверхностного и подземного стока Подборенки за счет развития инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры (вырубка зеленых насаждений, строительство многоквартирных домов и иных объектов города).

Основными загрязняющими химическими элементами и веществами воды Подборенки являются: медь, повторяемость превышений предельно допустимой концентрации (ПДК) которой в течение года составила 95,7 % проб; нефтепродукты – 81,8; цинк – 60,9; нитрит-ион – 60,9; поверхностно-активные вещества анионные (АПАВ) – 60,0 и взвешенные вещества – 43,5 % проб (табл. 3).

Наибольшее содержание загрязняющих веществ наблюдается во время половодья, а минимальное – во время межени.

Превышение ПДК азотосодержащих веществ зафиксированы в створах наблюдений рек, в водоохраных зонах которых расположены канализационные насосные станции, хозяйственно-бытовые субъекты, на территории которых используются минеральные удобрения. Загрязненность воды возрастает от истока к устью. Большое влияние на качество воды рек оказывают хозяйственно-бытовые субъекты, находящиеся на территории их водосборной площади рек. Следует отметить, что Подборенка полностью протекает по городской территории. Сравнение полученных результатов с фондовыми материалами показывает тенденцию увеличения содержания загрязняющих веществ в водах реки. Качество воды Подборенки, по сравнению с данными 2008 г., ухудшилось.

Удельный комбинаторный индекс загрязненности (УКИЗВ) в устье реки увеличился с 3,36 до 4,88. Наблюдается увеличение этого показателя от истока к устью реки с 2,85 до 4,88. Вода реки на всем протяжении характеризуется как «очень загрязненная» и «очень грязная». Наиболее загрязненным является створ №2, расположенный в районе ул. Холмогорова. Основными загрязняющими веществами являются взвешенные вещества, хлориды, нефтепродукты и тяжелые металлы.

Характеристика компонентного состава обследованной территории водоохранной зоны реки Подборенка показала, что основную площадь водоохранной зоны исследуемого объекта составляют растительные группировки (74,02 %) с большим количеством высокоствольных деревьев. Участки с искусственным покрытием составляют 12,68 %, из которых: 8,86 % – это застройка с автогаражами; 3,47 % – заасфальтированные автомобильные автодороги по ул. Кирова и Холмогорова; 0,35 % – за-

стройка с автостоянкой. Среди недоступных участков (5,76 %) основная часть приходится на садовые некоммерческие участки (4,03) и застройку автогаражным кооперативом (1,73). Оголенные участки представлены территориями, образовавшимися в результате вытаптывания растительности (3,45 %).

Таблица 3

Содержание загрязняющих веществ в воде реки Подборенка, мг/дм³

№ п/п	Загрязняющее вещество	ПДК* ¹	Река Подборенка	
			минимальные значения	максимальные значения
1.	Взвешенные вещества	Сф* ² +0,25	0,6±0,13	1230,0±60,0
2.	Аммоний-ион	0,5	<0,5	0,73±0,15
3.	Нитрат-ион	40,0	<0,1	37,7±0,9
4.	Нитрит-ион	0,08	<0,02	0,543±0,076
5.	АПАВ	0,1	0,035±0,014	0,84±0,25
6.	Медь	0,001	<0,0005	0,057±0,019
7.	Никель	0,01	<0,01	0,173±0,052
8.	Цинк	0,01	<0,005	0,09±0,022
9.	Хлорид-ион	300,0	<10,0	924,4±20,8
10.	Сульфат-ион	100,0	<10,0	98,4±14,8
11.	Фосфат-ион	0,2	<0,05	0,144±0,023
12.	Нефтепродукты	0,05	0,0233±0,0082	0,91±0,16

Примечание. ПДК*¹ – предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ, мг/дм³; Сф*² – фоновая концентрация.

Для оценки объема стока загрязняющих веществ по длине реки Подборенка, а также анализа динамики выноса по протяженности водного объекта был произведен расчет объема стока между створами наблюдения. Установлено увеличение объема загрязнения воды реки от предыдущего створа наблюдения к последующему створу по всей длине реки (за исключением никеля).

Наибольший объем стока загрязняющих веществ наблюдается от створа № 3 до устья реки Подборенка, что связано с наибольшими концентрациями загрязняющих веществ и наибольшим расходом воды, которые наблюдаются в створах № 3 и № 4 (табл. 4).

Таблица 4

Значения объема стока тяжелых металлов между створами наблюдения реки Подборенка, кг/год

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Объем стока загрязняющих веществ между створами наблюдения исследуемых объектов, кг/год		
		от истока реки до створа №2	от створа №2 до створа №3	от створа №3 до устья реки Подборенка
1.	Аммоний-ион	810	3 120	7 709
2.	Взвешенные вещества	900 927	910 966	1 969 701
3.	Нитрат-ион	5 757	63 865	нет данных
4.	Нитрит-ион	302	2 017	4 456
5.	Сульфат-ион	35 190	216 228	682 436
6.	Фосфат-ион	111	278	1 654
7.	Хлорид-ион	297 758	754 233	3 506 993
8.	Нефтепродукты	737	1 068	9 589
9.	Никель	65	13	124
10.	Медь	80	80	75
11.	Цинк	105	139	644
12.	АПАВ	1 076	634	8 027

При визуальном осмотре водосборной площади реки Подборенка выявлен ряд источников загрязнения. Источники загрязнения в зависимости от занимаемой ими площади можно выстроить в следующий ряд: жилая застройка > садовые некоммерческие участки > автомагистрали > стоянки автотранспорта.

К основным выявленным нарушениям режима ведения хозяйственной деятельности в границах водоохраных зон исследуемых рек относятся: движение и стоянка автотранспорта на дорогах, не имеющих центральной ливневой системы водоотведения; мойка автотранспорта; застройка хозяйственно-бытовыми субъектами; наличие свалок.

Для разработки методики расчета нормативов допустимого поступления загрязняющих веществ с реки Подборенка в Ижевское водохранилище был проведен расчет объемов поступления загрязняющих веществ с природного и хозяйственного объектов. В расчете природным объектом выступает река Подборенка, а хозяйственным объектом – выпуск очистных сооружений канализации МУП г. Ижевска «Ижводоканал» (табл. 4).

Сравнение объемов поступления тяжелых металлов с природного и хозяйственного объектов показывает, что с реки Подборенка в Ижевское водохранилище меди поступает в 1,4 раза больше, чем с очистных сооружений канализации города Ижевска.

Таблица 4

Среднегодовые значения объема стока загрязняющих веществ, поступающих с реки Подборенка в Ижевское водохранилище и с очистных сооружений канализации в реку Иж

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Среднегодовые значения объема стока загрязняющих веществ, т/г	
		очистные сооружения канализации г. Ижевска (ОСК)	река Подборенка
1.	Аммоний-ион	44,06	11,83
2.	Взвешенные вещества	1 137,96	3 782,46
3.	Медь	0,17	0,24
4.	Нефтепродукты	4,54	11,43
5.	Никель	0,40	0,21
6.	Нитрат-ион	4 295,12	нет данных
7.	Нитрит-ион	11,07	6,79
8.	АПАВ	3,53	9,78
9.	Сульфат-ион	6 912,34	946,44
10.	Фосфаты	49,10	2,07
11.	Хлориды	5 861,98	4 601,93
12.	Цинк	2,07	0,89

При сбросе сточных вод с очистных сооружений канализации МУП г. Ижевска «Ижводоканал» в реку Иж предприятие разрабатывает нормативы допустимого сброса (НДС) по утвержденным методикам, согласует и утверждает их в уполномоченных органах власти. Предприятие обязано соблюдать данные нормативы допустимого сброса сточных вод в водный объект, при этом проводится ежемесячный мониторинг качества сбрасываемых сточных вод. В случае несоблюдения данных нормативов (их превышения) предприятие обязано заплатить штраф. Уполномоченные органы власти постоянно осуществляют контроль качества сбрасываемых сточных вод в водный объект. При этом мониторинг качества воды реки Подборенка не производится вообще. Следовательно, необходимо установить нормативы допустимого поступления загрязняющих веществ с малых рек (на примере Подборенки) в Ижевское водохранилище.

Для разработки расчета нормативов допустимого поступления (НДП) тяжелых металлов в Ижевское водохранилище (на примере реки Подборенка) за основу взята «Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ в водные объекты для водопользователей»⁷. Основанием для

⁷ Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 17 декабря 2007 г. № 333: Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей.

использования данной методики является следующее: 1) качество воды природного объекта соизмеримо с качеством воды хозяйственного объекта; 2) гидрологические характеристики (расход воды) в течение года варьируют в пределах 10,0%, что также соизмеримо с динамикой объемов сброса сточных вод.

Порядок расчетов НДП:

1) расчетные концентрации загрязняющих веществ, допустимых к поступлению в Ижевское водохранилище ($C_{\text{ндп расчет}}$, мг/дм³), рассчитываем по формуле:

$$C_{\text{ндп расчет}} = n \cdot (C_{\text{пдк}} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{пдк}}$ – предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде водоема, мг/дм³ (по общепринятым нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения);

$C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в Ижевском водохранилище (мг/дм³) по среднегодовым гидрохимическим показателям Ижевского водохранилища за исследуемый период;

n – кратность общего разбавления (произведение кратности начального разбавления n_n на кратность основного разбавления n_o).

Расчет кратности начального разбавления производится по формуле:

$$n_n = \frac{q + 0,00215 \cdot v \cdot H_{\text{ср}}^2}{q + 0,000215 \cdot v \cdot H_{\text{ср}}^2}, \quad (2)$$

где q – расход воды Подборенки в устье, м³/с (максимальный секундный расход воды в устье реки, который составил -0,7 м³/с);

v – скорость ветра над водой в устье реки, м/с (справочная величина, равная 3 м/с);

$H_{\text{ср}}$ – средняя глубина Ижевского водохранилища вблизи устья реки Подборенка, м (составляет 4 м).

Расчет кратности основного разбавления производится по формуле:

$$n_o = 1 + 0,412 \left(\frac{l}{\Delta x} \right)^{0,627 + \frac{0,0002 \cdot l}{\Delta x}}, \quad (3)$$

где l – расстояние от устья реки Подборенка до контрольного створа (500 м); $\Delta x = 23,61$.

Значения начального и основного разбавления можно считать постоянными величинами на период действия нормативов допустимого поступления. Таким образом, кратность общего разбавления равна 4,21, поэтому формула для расчета расчетных концентраций загрязняющих веществ, допустимых к поступлению в Ижевское водохранилище, имеет следующий вид:

$$C_{\text{ндп расчет}} = 4,21 \cdot (C_{\text{пдк}} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}} \quad (4)$$

В случае если $C_{\text{ф}} > C_{\text{пдк}}$, тогда $C_{\text{ндп расчет}} = C_{\text{пдк}}$; если отсутствуют значения $C_{\text{ф}}$, то расчет невозможен. Итоговые значения концентрации загрязняющих веществ, допустимых к поступлению в Ижевское водохранилище с реки Подборенка, определялись на основании сравнения концентраций загрязняющих веществ: расчетной концентрации, средней концентрации и концентрации ПДК загрязняющих веществ.

Средняя концентрация определяется как среднеарифметическое значение концентраций загрязняющих веществ за исследуемый период. Для предлагаемых расчетных нормативов допустимого поступления загрязняющих веществ использовались количественные данные по реке Подборенка (створ наблюдения № 4). Итоговая концентрация загрязняющих веществ ($C_{\text{ндп}}$), допустимая к поступлению в Ижевское водохранилище с реки Подборенка, не должна превышать концентрацию ПДК ($C_{\text{ндп}} \leq C_{\text{пдк}}$). Из расчетной концентрации ($C_{\text{ндп расчет}}$) и средней концентрации ($C_{\text{ср}}$) загрязняющих веществ выбирается концентрация с наименьшим значением.

1. Расчет массы (объема) загрязняющих веществ, допустимых к поступлению с реки Подборенка в Ижевское водохранилище (НДП, кг/год):

$$\text{НДП} = Q \cdot C_{\text{ндп}}, \quad (5)$$

где $C_{\text{ндп}}$ – итоговые концентрации загрязняющих веществ, допустимых к поступлению в Ижевское водохранилище с реки Подборенка, мг/дм³;

Объем воды, поступающий с реки Подборенка в Ижевское водохранилище, в расчетах предлагаем принимать как среднегодовой объем сточных вод за исследуемый период по причине того, что во время спада половодья летне-осеннюю межень и осенью перед ледоставом наблюдается выклинивание зоны подбора Ижевского водохранилища.

Q – среднегодовой объем воды, поступающий с реки Подборенка в Ижевское водохранилище тыс.м³/год (среднеарифметическое значение объема воды)

$$Q = v \cdot S, \quad (6)$$

где v – скорость течения воды в устье реки Подборенка (в створе наблюдения №4), м/с;

S – площадь водного сечения в устье реки Подборенка, м²/с (определяется аналитически суммированием геометрических площадей, на которые водный объект делится сечением промерными вертикалями).

Показатели фактического поступления загрязняющих веществ с реки Подборенка и расчетные нормативы допустимого поступления с реки в Ижевское водохранилище представлены в табл. 5.

Таблица 5

Фактическое поступление загрязняющих веществ с реки Подборенка в Ижевское водохранилище и расчетные нормативы поступления

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	$C_{\text{доп}}^{*1}$ мг/дм ³	НДП ^{*2} , т/год	Фактическое поступление за 2014 г.	Кратность превышения
1.	Взвешенные вещества	8,83	182,39	3 782,46	20,7
2.	Аммоний-ион	0,46	9,50	11,83	1,2
3.	Нитрат-ион	18,4	380,07	нет данных	нет превышения
4.	Нитрит-ион	0,08	1,65	6,79	4,1
5.	ПАВ анионные	0,1	2,07	9,78	4,7
6.	Медь	0,001	0,02	0,24	12,0
7.	Цинк	0,01	0,21	0,89	4,2
8.	Никель	0,01	0,21	0,21	нет превышения
9.	Хлорид-ион	171,13	3 534,87	4 601,93	1,3
10.	Сульфат-ион	31,9	658,93	946,44	1,4
11.	Фосфат-ион	0,07	1,45	2,07	1,43
12.	Нефтепродукты	0,05	1,03	11,43	11,1

Примечание. *¹ – концентрации и *² – масса загрязняющих веществ, расчетнодопустимая к поступлению в Ижевское водохранилище с реки Подборенка.

Расчетные нормативы допустимого поступления загрязняющих веществ с реки Подборенка в Ижевское водохранилище предлагается устанавливать на три года, то есть на срок, аналогичный для установления нормативов допустимого сброса сточных вод в водные объекты.

Далее проведено сравнение фактического поступления загрязняющих веществ с реки Подборенка в Ижевское водохранилище согласно предложенным нормативам. Кратность превышения поступления загрязняющих веществ варьируется от 1,1 до 21,0.

В результате проведено ранжирование загрязняющих веществ по степени потенциального вклада в загрязнение Ижевского водохранилища: взвешенные вещества > медь > нефтепродукты > АПАВ > цинк. Также в воде Подборенки выявлены загрязняющие вещества, которые не превышают рассчитанный норматив (никель и нитрат-ион), но их фактический объем близок к установленному рассчитанному нормативу, то есть при увеличении объема стока воды или концентрации загрязняющих веществ в воде реки Подборенка будет наблюдаться превышение установленного норматива по этим показателям.

Таким образом, после сравнительного анализа фактического поступления загрязняющих веществ в Ижевское водохранилище и расчетных нормативов можно сделать вывод о том, что приток Ижевского водохранилища (река Подборенка) является локальным источником загрязнения по ряду загрязняющих веществ (взвешенные вещества, медь, нефтепродукты, АПАВ и цинк).

Выводы

В результате проведенных исследований показано, что гидрологические показатели реки Подборенка увеличиваются от истока к устью, наибольшие значения наблюдаются во время половодья, а ми-

нимальные – во время межени. Определены предельные гидрологические характеристики реки Подборенка: ширина – 0,6–6,0 м; глубина – 0,01–1,1 м; скорость течения воды – 0,03–0,68 м/с. В последнее десятилетие наблюдаются изменения гидрологических характеристик реки Подборенка в сторону увеличения расхода воды за счет изменения условий формирования стока с водосборной площади.

Наибольшее содержание загрязняющих веществ в воде реки наблюдается во время половодья, а минимальное – во время межени. Основными загрязняющими химическими веществами воды Подборенки являются: медь, нефтепродукты, цинк, нитрит-ион, АПАВ, взвешенные вещества. Качество воды реки Подборенка с 2008 по 2014 гг. ухудшилось. Удельный комбинаторный индекс загрязненности реки увеличился с 3,36 до 4,88, при этом вода характеризуется как «очень загрязненная» и «грязная».

Основную площадь водоохранной зоны реки (74 %) составляют растительные группировки. Наблюдается увеличение объема загрязняющих веществ реки Подборенка от предыдущего к последующему створу наблюдения по всей длине реки, за исключением объемов никеля и АПАВ. Наибольший объем стока между створами наблюдения установлен для хлорид-ионов (3 507,0) и взвешенных веществ (1 969,7 т/год).

Предложена методика расчета нормативов допустимого поступления загрязняющих веществ с реки Подборенка в Ижевское водохранилище и произведен расчет нормативов допустимого поступления загрязняющих веществ.

Проведено ранжирование загрязняющих веществ по степени потенциального вклада в загрязнение Ижевского водохранилища: взвешенные вещества > медь > нефтепродукты > АПАВ > цинк.

Предложенная методика расчета нормативов допустимого поступления загрязняющих веществ с реки Подборенка в Ижевское водохранилище позволит оценить нагрузку на водоем со стороны малых рек, которые впадают в водохранилище. В Ижевское водохранилище, кроме реки Подборенка, впадают малые реки: Малиновка, Пазелинка и Люк. Данную методику расчета нормативов можно применить для всех этих малых рек по аналогичной схеме исследования (гидрологические и гидрохимические показатели воды рек, состояние водосборной площади и водоохранной зоны).

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность А.Н. Попову, Е.И. Тороповой, Л.М. Корешковой и Ю.В. Козловой Отдельная благодарность сотрудникам кафедры инженерной защиты окружающей среды Удмуртского государственного университета и сотрудникам МУП г. Ижевска «Ижводоканал».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наумова М.Э., Бухарина И.Л. Динамика содержания меди в поверхностных водах реки Подборенка. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление: науч.-практ. журн. Екатеринбург. 2015. №4. С. 110-120.
2. Наумова М.Э., Бухарина И.Л. Влияние деятельности человека на содержание нефтепродуктов в воде реки Подборенка // Japanese Journal of Fundamental and Applied Studies. 2015. № 1(9). P. 11-16.
3. Наумова М.Э., Бухарина И.Л. Динамика содержания нефтепродуктов в поверхностных водах реки Подборенка // Современные проблемы науки и образования. 2015. №2 (ч. 2).
4. Быков В.Д., Васильев А.В. Гидрометрия: учеб. пособие. 4-е изд. перераб. и доп. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 488 с.
5. Потапова Е.В., Пшеничникова М.Е., Соколова О.Е. Исследование состояния водоохраных зон рек г. Иркутска // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. «Наука о Земле». 2016. Т. 15. С. 89-103.

Поступила в редакцию 05.11.2018

Наумова Марина Эдуардовна, аспирант кафедры «Инженерная защита окружающей среды»

E-mail: esenin8@gmail.com

Бухарина Ирина Леонидовна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной защиты окружающей среды

E-mail: buharin@udmlink.ru

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1 (корп. 1)

M.E. Naumova, I.L. Bukharina

ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE PODBORENKA RIVER FOR THE PURPOSE OF RATIONING THE FLOW OF POLLUTANTS INTO THE IZHEVSK RESERVOIR

The problem of a sharp change of the chemical composition of Izhevsk pond water is extremely urgent, since this reservoir is one of the main sources of drinking water supply in the city of Izhevsk. Monitoring of the state of the Izhevsk reservoir and its catchment area is carried out by industrial enterprises only. The small river Podborenka flows into the Izhevsk reservoir, forming a local source of pollution. We have studied the hydrological characteristics, the water quality of the Podborenka River and its influence on the state of the Izhevsk Reservoir. The maximum multiplicity of exceeding the maximum permissible concentration of heavy metals is established and the degree of contamination of water in the river is estimated from the observation points. Anthropogenic impact on the Podborenka River is associated with economic activities, which are carried out both within the catchment area and on the watercourse itself. A calculation of the standards for the admissible intake of heavy metals from the Podborenka River to the Izhevsk reservoir is proposed.

Keywords: small river, observation points, hydrological phases, catchment area, water protection zone, hydrological and hydrochemical parameters, volume of pollutants, water quality, standards for pollutants.

REFERENCES

1. Naumova M.E. Bukharina I.L. [Dynamics of the content of copper in surface waters of the river Podborenka] in *Water sector of Russia: problems, technologies, management Scientific-practical journal*, Ekaterinburg, 2015, no. 4, pp.110-120 (in Russ.).
2. Naumova M.E. Bukharina I.L. [The impact of human activities on the oil content in the water of the river Podborenka] in *Japanese Journal of Fundamental and Applied Studies*, 2015, no 1(9), pp.11-16 (in Russ.).
3. Naumova M.E. Bukharina I.L. [Dynamics of the content of oil products in surface waters of the river Podborenka] in *Modern problems of science and education*, 2015, no 2 (in Russ.).
4. Bykov V.D., Vasilyev A.V. [Hydrometry] in *Textbook 4 ed. reworked and augmented*, Hydrometeorological, 1977, 488 p. (in Russ.).
5. Potapova E.V., Pshenichnikova M.E., Sokolova O.E. [A study of the status of water protection zones of rivers in Irkutsk] in *News of Irkutsk state University the Series «Earth Science»*, 2016, no. 15, pp. 89-103 (in Russ.).

Received 05.11.2018

Naumova M.E., postgraduate student at the Department of Environmental Engineering

E-mail:esenin8@gmail.com

Bukharina I.L., Doctor of Biology, Professor, Head of Department of Environmental Engineering

at Institute of Civil Defense

E-mail:buharin@udmlink.ru

Udmurt State University

Universitetskaya st., 1/1, Izhevsk, Russia, 426034