

УДК 556.55

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ (НА ПРИМЕРЕ ИЖЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

Наумова М.Э.<sup>1</sup>, Бухарина И.Л.<sup>2</sup>, Слесарев М.Ю.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Удмуртской Республики, 426051, г. Ижевск, ул. Максима Горького, д. 73, e-mail: esenin8@gmail.com

<sup>2</sup> Институт гражданской защиты, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, e-mail: buharin@udmlink.ru

<sup>3</sup> Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва Ярославское шоссе, 26, e-mail: slesarev@mgisu.ru

**Аннотация.** Актуальной проблемой Ижевского водохранилища является ухудшение качества воды. Загрязняющие вещества поступают в это водохранилище, как со сточными водами промышленных предприятий, так и через водосборную площадь водного объекта. В последнее время началась интенсивная застройка водосборной площади водохранилища, что приводит к значительному ухудшению качества воды и усилению процесса эвтрофирования водоема. Единая система мониторинга за состоянием Ижевского водохранилища и его водосборной площади отсутствует, а оценка воздействия водосборной площади на водохранилище не проводится. Целью исследований являлось изучение экологических показателей бассейновых рек (на примере рек Подборенка и Пазелинка) в условиях урбанизированной среды для оценки влияния и нормирования поступления загрязняющих веществ в Ижевское водохранилище. Предложена методика расчета нормативов допустимого поступления загрязняющих веществ рек в Ижевское водохранилище на примере реки Подборенка.

**Ключевые слова:** методика оценки, воздействия хозяйственной деятельности, водные объекты, река, водохранилище, загрязняющие вещества, створы наблюдения, качество воды, нормативы загрязняющих веществ.

### ВВЕДЕНИЕ

Ижевское водохранилище – это искусственный водоем, созданный в 1760-1763 гг. на реке Иж для нужд Ижевского железодельного завода. В настоящее время водохранилище является градообразующим объектом Ижевска – крупного промышленного центра Уральского региона, источником хозяйственно-бытового и промышленного водоснабжения города. Среднегодовой объем забора воды составляет 65-70 миллионов м<sup>3</sup>. Водосборная площадь водохранилища представлена реками Подборенка, Пазелинка, Малиновка и Люк. 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, что приводит к значительному ухудшению качества воды и усилению процесса эвтрофирования водоема. Проводимые природоохранные мероприятия, направленные на экологическую стабилизацию состояния Ижевского водохранилища, не позволяют обеспечить значительного улучшения качества воды в водоеме. Единая система мониторинга за состоянием водосборной площади отсутствует, как и методика оценки воздействия водосборной площади на водохранилище также отсутствует, и соответствующая оценка не проведена. Процессы хозяйственной деятельности человека усиливают изменения гидрохимических и гидрологических характеристик рек и являются основной причиной изменения водности рек, ухудшения качества воды, и как следствие состояния водохранилища.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Обзор научных работ по Ижевскому водохранилищу показал, что основное внимание в них уделялось экологическому состоянию и разработке путей решения возникающих проблем, тогда как вопросы, связанные с изучением источников поступления загрязняющих веществ исследованы далеко не в полной мере [1]. Мониторинг состояния Ижевского водохранилища и его водосборной площади проводится только промышленными предприятиями. Отсутствие методики оценки воздействия хозяйственной деятельности на водные объекты, как и единой системы наблюдений и достоверных данных, не позволяют получить единую картину, а, следовательно, и принять эффективные меры по экологической оптимизации водохранилища.

Методами и материалами для исследований являются аналитическое обобщение фондовых материалов, результатов предшествующих исследований, а также систематизация материалов,

полученных при полевых и лабораторных исследованиях, по результатам которых устанавливались эмпирические зависимости. Расчеты показателей проведены в соответствии с нормативно-правовой документацией. Лабораторные исследования проводились в аккредитованных лабораториях, в качестве фондовых материалов использовались данные МУП г. Ижевска «Ижводоканал» [2,3,4,5,6,7,8].

Для исследования были выбраны наиболее крупные реки: Подборенка, протекающая по территории города Ижевска, и Пазелинка, протекающая по лесной территории.

## ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель работы - изучение влияния хозяйственной деятельности человека на экологическое состояние рек Подборенка и Пазелинка для разработки методики расчета нормативов допустимого поступления загрязняющих веществ с водосборной площади в водохранилище. Задачи работы: исследовать экологическое состояние рек и оценить изменения их состояния под влиянием хозяйственной деятельности человека; рассчитать значения удельного комбинаторного индекса загрязнения водных объектов при различной степени влияния хозяйственной деятельности человека; разработать методику расчета нормативов допустимого поступления загрязняющих веществ с водосборной площади в водохранилище.

## МЕТОДОЛОГИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведены исследования двух рек, входящих в водосборную площадь Ижевского водохранилища, испытывающих хозяйственной деятельности разной степени интенсивности: Подборенка (40% водосборной площади реки пересечено автодорогами, залесенность составляет 27%) и Пазелинка (залесенность водосборной площади – 58%). Исследования проведены в 2013-2019 гг.

На водотоках исследуемых рек были выделены 8 створов наблюдения (по 4 на каждой из рек): створ наблюдения № 1 и №5 - исток рек (фоновый створ), №4 и №8 – устье рек (место впадения в Ижевское водохранилище), № 2,3 и № 6 – створы наблюдения в районах пересечения рек автомагистралями, створ наблюдения №5 – створ наблюдения реки Пазелинка на лесной территории. На рисунке 1 представлена карта-схема расположения створов наблюдения.

В выбранных створах проведены гидрологические и гидрохимические исследования в основные гидрологические фазы рек в течение года: во время половодья (подъем, пик и спад), летне-осенней межени (наименьшего расхода и прохождения дождевого паводка), осенью перед ледоставом и в зимнюю межень.

В таблице 1 представлены результаты полевых исследований гидрологических характеристик рек Подборенка и Пазелинка. Установлено, что гидрологические показатели увеличиваются от истока к устью, и наибольшие значения приобретают во время подъема половодья, а минимальные – во время межени. На рисунке 2 представлена динамика расхода воды в реках Подборенка и Пазелинка. Установлено, что наибольший расход воды наблюдается во время половодья в устье реки Подборенка (створ наблюдения №4) со значением 0,70 м<sup>3</sup>/с и на реке Пазелинка в 2,0 км от устья реки Игерманка (створ наблюдения №5) со значением 1,65 м<sup>3</sup>/с. Сравнение полученных значений с фондовыми материалами (2008г.) не выявило существенных изменений гидрологических характеристик реки Пазелинка, но показало значимые изменения показателей реки Подборенка (в створах наблюдения №3 и №4). Основная причина – изменение условий формирования поверхностного и подземного стока Подборенки за счет влияния хозяйственной деятельности человека: развития инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры (вырубка зеленых насаждений, строительство многоквартирных домов и иных объектов) [9].

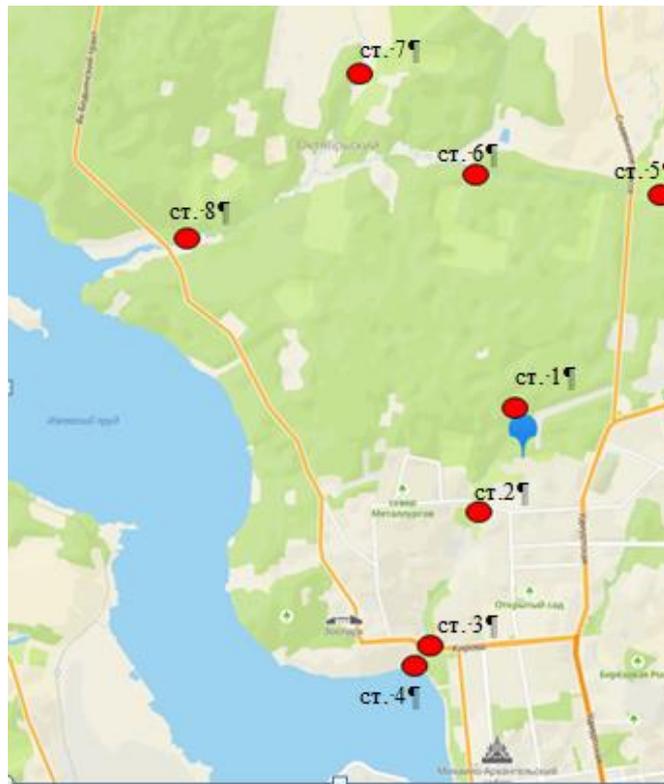


Рис. 1. Карта-схема расположения створов наблюдения на реках Подборенка и Подборенка  
Примечание. ● – створы наблюдения (ст.)

Таблица 1.  
Гидрологическая характеристика рек Подборенка и Пазелинка

№ п/п	Гидрологическая характеристика	Подборенка		Пазелинка	
		минимальные значения	максимальные значения	минимальные значения	максимальные значения
1	скорость течения, м/с	0,03±0,01 <sup>1</sup> 0,01-0,05 <sup>2</sup>	0,68±0,07 0,50-0,86	0,07±0,02 0,03-0,11	0,63±0,09 0,41-0,85
2	ширина водного объекта, м	0,60±0,02 0,56-0,63	6,00±0,09 5,78-6,22	0,20±0,00 0,20-0,20	5,00±0,46 3,86-6,14
3	глубина водного объекта, м	0,01±0,00 0,01-0,01	1,10±0,10 0,85-1,35	0,02±0,01 0,01-0,03	0,50±0,10 0,25-0,75

Примечание: <sup>1</sup> – среднее значение ± стандартное отклонение, <sup>2</sup> – доверительный интервал для среднего значения (p<0,05)

В таблице 2 представлены результаты гидрохимических исследований воды в реках Подборенка и Пазелинка. Установлено, что основными загрязняющими химическими элементами воды реки Подборенка 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. Для реки Пазелинка: медь, повторяемость превышений ПДК составила 100,0% проб; цинк – 68,2; нефтепродукты – 58,3; нитрит-ион – 27,3; аммоний-ион – 22,2; никель – 21,7% проб. Отсутствуют превышения ПДК загрязняющих веществ в воде Подборенки по показателям содержания сульфат-иона, калия, магния, стронция, кальция и фосфат-иона, а в воде Пазелинки – нитрат-иона, АПАВ, хлорид-иона, сульфат-иона, калия, натрия, магния, стронция и кальция. Наибольшее содержание загрязняющих веществ наблюдается во время половодья, а минимальное – во время межени [10].

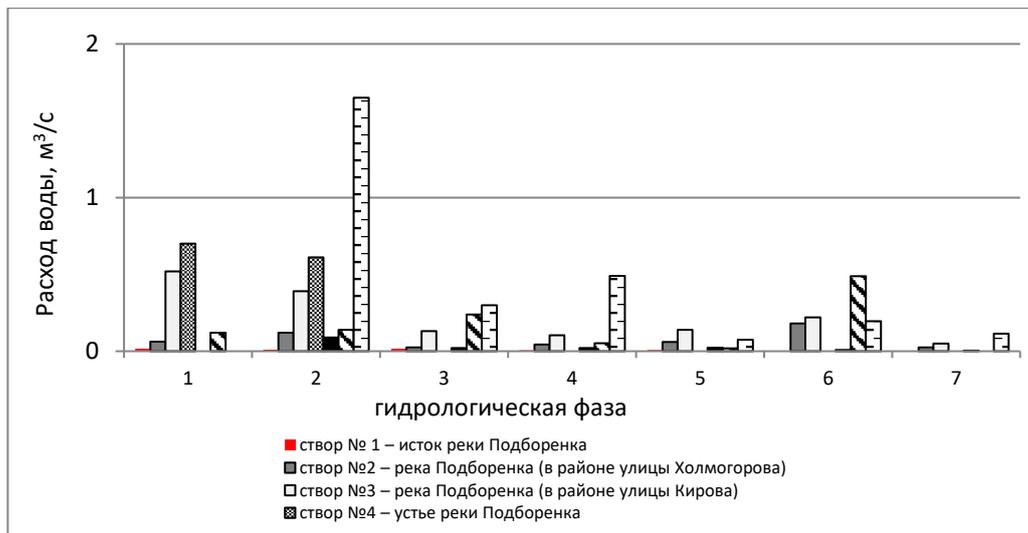


Рис. 2. Динамика расхода воды в реках Подборенка и Пазелинка

Примечание. Гидрологическая фаза: 1 – половодье подъем; 2 – половодье пик; 3 – половодье спад; 4 – летнее-осенняя межень наименьшего расхода; 5 – летнее-осенняя межень дождевого паводка; 6 – осенью перед ледоставом; 7 – зимняя межень

Таблица 2.  
Содержание загрязняющих веществ в воде рек Подборенка и Пазелинка, мг/дм<sup>3</sup>

№ п/п	Загрязняющее вещество	ПДК <sup>1</sup>	Река Подборенка		Река Пазелинка	
			минимальные значения	максимальные значения	минимальные значения	максимальные значения
1	Взвешенные вещества	Сф <sup>2</sup> +0,25	0,6±0,1	1230,0±60,0	<0,5	43,0±4,0
2	Аммоний-ион	0,5	<0,5	0,7±0,2	<0,5	1,3±0,3
3	Нитрат-ион	40,0	<0,1	37,7±0,9	<0,1	8,0±1,0
4	Нитрит-ион	0,08	<0,02	0,54±0,08	<0,02	0,49±0,03
5	АПАВ	0,1	0,04±0,01	0,84±0,25	<0,025	0,06±0,02
6	Медь	0,001	<0,0005	0,06±0,02	0,0013±0,0006	0,02±0,01
7	Никель	0,01	<0,01	0,17±0,05	<0,01	0,12±0,05
8	Цинк	0,01	<0,005	0,09±0,02	<0,005	0,13±0,03
9	Хлорид-ион	300,0	<10,0	924,4±20,8	<10,0	80,3±7,2
10	Сульфат-ион	100,0	<10,0	98,4±14,8	<10,0	53,8±8,1
11	Калий	50,0	<0,5	18,7±1,9	1,0±0,2	11,6±1,2
12	Натрий	120,0	19,9±2,0	532,1±53,0	5,6±0,8	32,3±3,2
13	Магний	40,0	10,3±1,0	24,6±2,5	4,3±0,6	15,8±1,6
14	Стронций	0,4	<0,25	0,38±0,08	<0,25	0,27±0,05
15	Кальций	180,0	45,1±4,5	107,8±10,8	18,8±1,9	61,4±6,1
16	Фосфат-ион	0,2	<0,05	0,14±0,02	<0,05	0,37±0,06
17	Нефтепродукты	0,05	0,0233±0,0082	0,91±0,16	0,0108±0,0038	0,51±0,13

Примечание. <sup>1</sup>ПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ, мг/дм<sup>3</sup>; <sup>2</sup>Сф – фоновая концентрация.

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. Подборенка полностью протекает по городской территории. Площадь водонепроницаемой территории водоохранной зоны этой реки больше, чем у Пазелинки, которая протекает по лесистой местности. Как следствие кратность превышения ПДК загрязняющих веществ в воде реки Подборенка выше, чем в воде реки Пазелинка. Сравнение полученных результатов с фоновыми материалами показывает тенденцию увеличения содержания загрязняющих веществ в водах этих рек.

По результатам химического анализа воды был проведен расчет величины значения удельного комбинаторного индекса загрязненности (УКИЗВ) рек Подборенка и Пазелинка.

Качество воды в Подборенке, по сравнению с данными 2008 г., ухудшилось. 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. Качество воды в Пазелинке, по сравнению с 2008г., наоборот, улучшилось, УКИЗВ в устье реки уменьшился с 2,63 до 1,81. В устье реки были обнаружены заросли, состоящие из высшей водной растительности (камыш озерный, тростник обыкновенный), которые, играют значительную роль в очищении реки. Но, несмотря на изменения, вода реки характеризуется как «загрязненная» и «грязная». Наиболее загрязненным является створ №6. Основными загрязняющими веществами данного стока являются взвешенные вещества, нитрит-ион, фосфат-ион, нефтепродукты и тяжелые металлы [11].

Почвы водоохраных зон рек Подборенка и Пазелинка характеризуются в основном как щелочные с низким содержанием нитратного азота и органического вещества. Содержание подвижного фосфора и калия в почве водоохранной зоны Пазелинки выше, чем в Подборенки, что, на наш взгляд, связано с залесенностью водоохранной зоны. Как правило, высокое содержание фосфат-иона, тяжелых металлов и нефтепродуктов в воде исследуемых объектов наблюдается в створах наблюдения, где отмечается и высокое содержание данных элементов и веществ в почвах водоохранных зон. Наибольшее значение показателя аммонийного азота наблюдалось в истоках исследуемых рек. Содержание цинка, меди и нефтепродуктов было выше в образцах почв участков водоохранных зон, расположенных в непосредственной близости к автомагистралям (створы наблюдений №2,3 и 6).

Обследованы участки водоохранных зон рек Подборенка (шириной 50 м) и Пазелинка (100 м) от уреза водотоков. Растительные группировки составляют основную часть территорий (для реки Подборенка – 74%, для Пазелинки – 66%). Следует отметить, что 13% территории водоохранной зоны Подборенки занято искусственными покрытиями (автодороги).

К основным выявленным нарушениям режима ведения хозяйственной деятельности в границах водоохранных зон исследуемых рек относятся: движение и стоянка автотранспорта на дорогах, не имеющих центральной ливневой системы водоотведения; мойка автотранспорта; застройка хозяйственно бытовыми субъектами; наличие свалок [12].

В рамках проведения исследования было проведено сравнение объемов поступления загрязняющих веществ в водный объект с природного водного объекта (на примере реки Подборенка) и объекта жилищно-коммунального хозяйства (на примере очистных сооружений канализации города Ижевска), полученные значения представлены в таблице 3. Расчеты показали, что максимальный объем стоков с очистных сооружений канализации города в реку Иж поступает по следующим веществам: сульфат-ион (6 912,34); хлориды (5 861,98); нитрат-тон (4 295,12); взвешенные вещества (1 137,96), а минимальный – по меди (0,17 т/год).

Таблица 3.

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

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Среднегодовые значения объема стока загрязняющих веществ, т/г	
		очистные сооружения канализации г. Ижевска (ОСК)*	река Подборенка
12	Цинк	2,07	0,89
13	Калий	нет данных	39,96
14	Натрий	нет данных	2 308,20
15	Магний	нет данных	310,72
16	Стронций	нет данных	5,18
17	Кальций	нет данных	1 458,98

Примечание. \* – данные производственного контроля сточных вод на сбросе с очистных сооружений МУП г. Ижевска «Ижводоканал» в реку Иж

С реки Подборенка максимальный объем стоков поступает по: взвешенным веществам (3782,46 т/год); меди (0,24), нефтепродуктам (11,43); АПАВ (9,78 т/год). При этом кратность превышения объема поступающих веществ составляет соответственно: 3,3; 1,4; 2,5 и 2,8 раза по сравнению с объемом загрязняющих веществ очистных сооружений канализации.

Содержание загрязняющих веществ в воде реки Подборенка соизмеримо содержанию загрязняющих веществ в сбросе сточных вод с очистных сооружений канализации города Ижевска. Качество воды в реке Подборенка на основании полученных данных можно сопоставить с качеством воды в выпуске сточных вод.

Для сбрасываемых сточных вод рассчитываются нормативы допустимого поступления загрязняющих веществ в водный объект. Предприятие обязано соблюдать данные нормативы, при этом проводить ежемесячный мониторинг качества сбрасываемых сточных вод. В случае несоблюдения установленных нормативов (их превышения) к предприятию применяются штрафные санкции. Уполномоченные органы власти непрерывно осуществляют контроль качества сбрасываемых сточных вод в водный объект. Качество воды в реках Подборенка и Пазелинка данному порядку контроля не подвергается.

С целью нормирования поступления загрязняющих веществ с водосборной площади Ижевского водохранилища предложена методика расчета нормативов допустимого поступления загрязняющих веществ с реки Подборенка в водохранилище.

## ОБСУЖДЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Для предлагаемого расчета нормативов допустимого поступления (НДП) загрязняющих веществ в Ижевское водохранилище (на примере Подборенки) за основу взята «Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей». Основанием для использования данной методики являются: 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 [13].

Порядок расчетов НДП:

1. расчетные концентрации загрязняющих веществ, допустимые к поступлению в Ижевское водохранилище ( $C_{\text{ндп расчет}}$   $C_{\text{ндпрасчет}}$ , мг/дм<sup>3</sup>), рассчитываем по формуле:

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

$C_{\text{пдк}}$  – предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде водоема, мг/дм<sup>3</sup> (по общепринятым нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения);

$C_{\text{ф}}$  – фоновая концентрация загрязняющего вещества в Ижевском водохранилище, мг/дм<sup>3</sup> (по среднегодовым гидрохимическим показателям 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:

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

$q$  – расход воды Подборенки в устье реки, м<sup>3</sup>/с (максимальный секундный расход воды в устье реки, который составляет - 0,7м<sup>3</sup>/с);

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

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

Расчет кратности основного разбавления производится по формуле:

$$n_0 = 1 + 0,412 \left( \frac{l}{\Delta x} \right)^{0,627 + \frac{0,0002 \cdot l}{\Delta x}}, \text{ где} \quad (3)$$

$l$  – расстояние от устья реки Подборенка до контрольного створа, м (составляет 500 м);

$$\Delta x = 6,53 * H_{cp}^{1,17} \quad (4)$$

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 определения расчетных концентраций загрязняющих веществ, допустимых к поступлению в Ижевское водохранилище, имеет следующий вид:

$$C_{ндп \text{ расчет}} = 4,21 * (C_{пдк} - C_{\phi}) + C_{\phi} \quad (5)$$

В случае: если  $C_{\phi} > C_{пдк}$ , тогда  $C_{ндп \text{ расчет}} = C_{пдк}$ ; если отсутствуют значения  $C_{\phi}$  – то расчет невозможен.

Итоговые значения концентрации загрязняющих веществ, допустимые к поступлению в Ижевское водохранилище с реки Подборенка, определены на основании сравнения концентраций загрязняющих веществ: расчетной концентрации ( $C_{ндп \text{ расчет}}$ ), средней концентрации ( $C_{cp}$ ) и концентрации ПДК загрязняющих веществ ( $C_{пдк}$ ). Средняя концентрация определяется как среднеарифметическое значение концентраций загрязняющих веществ за исследуемый период. Итоговая концентрация загрязняющих веществ ( $C_{ндп}$ ), допустимая к поступлению в Ижевское водохранилище с реки Подборенка, не должна превышать концентрацию ПДК ( $C_{ндп} \leq C_{пдк}$ ). Из расчетной концентрации и средней концентрации загрязняющих веществ выбирается концентрация с наименьшим значением (если они не превышают ПДК).

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

$$\text{НДП} = C_{ндп} * Q, \text{ где} \quad (6)$$

$C_{ндп}$  – итоговые концентрации загрязняющих веществ, допустимых к поступлению в Ижевское водохранилище с реки Подборенка, мг/дм<sup>3</sup>;

$Q$  – среднегодовой объем воды, поступающий с реки Подборенка в Ижевское водохранилище, тыс.м<sup>3</sup>/год (средне арифметическое значение объема воды).

$$Q = v * S, \text{ где} \quad (7)$$

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

$S$  – площадь водного сечения в устье реки Подборенка, м<sup>3</sup>/с (определяется аналитически суммированием геометрических площадей, на которые водный объект делится сечением промерными вертикалями).

Объем воды, поступающий с Подборенки в Ижевское водохранилище, мы приняли как среднегодовой показатель объема воды за исследуемый нами период, по причине того, что во время спада половодья, летне-осеннюю межень и осенью перед ледоставом наблюдается выклинивание зоны подбора Ижевского водохранилища.

Расчетные нормативы допустимого поступления загрязняющих веществ с реки Подборенка в Ижевское водохранилище предлагается устанавливать на три года, т.е на срок, аналогичный установлению нормативов допустимого сброса сточных вод в водные объекты.

В таблице 4 представлены расчетные нормативы допустимого поступления загрязняющих веществ в Ижевское водохранилище.

Проведенное сравнение фактического поступления загрязняющих веществ с реки Подборенка в Ижевское водохранилище согласно предложенным нормативам показывает, что кратность превышения поступления загрязняющих веществ варьируется от 1,1 до 21,0.

Таблица 4.

Сравнение показателей фактического поступления загрязняющих веществ с реки Подборенка в Ижевское водохранилище и расчетных нормативов

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	$C_{ндп}^1$ мг/дм <sup>3</sup>	НДП <sup>2</sup> т/год	Фактическое поступление (2014)	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	Калий	2,03	41,93	39,96	нет превышения
12	Кальций	70,3	1 452,12	1 458,98	1,0
13	Магний	15,0	309,84	310,72	1,0
14	Натрий	104,45	2 157,53	2 308,20	1,07
15	Стронций	0,25	5,16	5,18	1,0
16	Фосфат-ион	0,07	1,45	2,07	1,43
17	Нефтепродукты	0,05	1,03	11,43	11,1

Примечание.<sup>1</sup> $C_{ндп}$  – концентрация и <sup>2</sup>НДП – масса загрязняющих веществ, расчетно-допустимая к поступлению в Ижевское водохранилище с реки Подборенка.

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, калий и нитрат-ион), но их фактический объем близок к установленному рассчитанному нормативу, то есть при увеличении объема стока воды или концентрации загрязняющего 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 гидрологических исследований установлено, что гидрологические показатели рек Подборенка и Пазелинка увеличиваются от истока к устью, наибольшие значения наблюдаются во время половодья, а минимальные – во время межени. Гидрохимическая оценка загрязненности воды рек показала высокое содержание тяжелых металлов, нефтепродуктов, взвешенных веществ, наибольшее содержание наблюдается во время половодья, а минимальное – во время межени.

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

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Перспективы дальнейшего исследования видим в применении разработанной методики оценки воздействия хозяйственной деятельности на водные объекты для остальных рек, входящих в водосборную площадь Ижевского водохранилища.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Туганаев, В.В. Ижевский пруд [Текст] / В.В. Туганаев. – И.:Издательский дом "Удмуртский университет", 2002. – 188 с.
2. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод: Р 52.24.353-2012 от 02.04.2012 – Консультант Плюс, - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения – 01.02.2022).
3. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши: РД 52.24.309-2011 от 03.04.2017 – Консультант Плюс, - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения – 01.02.2022).
4. Быков, В.Д. Гидрометрия [Текст] / В.Д. Быков, А.В. Васильев. – Гидрометеиздат, 1977. – 488 с.
5. Методические указания по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохраных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей": Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 432 от 08.10.2014 – Консультант Плюс, - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения – 01.02.2022).
6. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Министерства сельского хозяйства РФ №552 от 13.12.2016 – Консультант Плюс, - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения – 01.02.2022).
7. Гагарина, О.В. Оценка качества поверхностных вод гидрохимическими показателями [Текст] / О.В. Гагарина. – И: Издательский дом «Удмуртский университет», 2010. – 116 с.
8. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям: РД 52.24.643-2002 от 01.01.2002 – Консультант Плюс, - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения – 01.02.2022).
9. Наумова, М.Э. Динамика содержания меди в поверхностных водах реки Подборенка [Текст] / М.Э. Наумова, И.Л. Бухарина // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление: Научно-практический журнал – Екатеринбург, 2015. Вып.4. – С.110-119.

10. Наумова, М.Э. Влияние деятельности человека на содержание нефтепродуктов в воде реки Подборенка [Текст] / М.Э. Наумова, И.Л. Бухарина // Kmit A. International collaboration in Eurasia – Japanese Journal of Fundamental and Applied Studies, “Tokyo University Press”, 2015. – Вып. 1(9). – С. 11-16.

11. Наумова, М.Э. Динамика содержания нефтепродуктов в поверхностных водах реки Подборенка [Текст] / М.Э. Наумова, И.Л. Бухарина // Журнал "Современные проблемы науки и образования".- 2015.- Вып. № 2 (часть 2). - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21652>

12. Наумова, М.Э. Разработка методики расчета нормативов допустимого поступления загрязняющих веществ с реки Подборенки в Ижевское водохранилище (на примере никеля, меди и цинка) [Текст] / М.Э. Наумова, И.Л. Бухарина, К.Е. Ведерников // Вода и экология: проблемы и решения.- 2019.- Вып. 1 (77). С. 75-85. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.waterjournal.ru/archive/>.

13. Методика разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей: приказ Минприроды России от 29.12.2020 №1118 – Консультант Плюс, - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения – 01.02.2022).

## METHODOLOGY FOR ASSESSING THE IMPACT OF ECONOMIC ACTIVITIES ON WATER BODIES (ON THE EXAMPLE OF THE IZHEVSK RESERVOIR)

<sup>1</sup>Naumova M.E., <sup>2</sup>Bukharina I.L., <sup>3</sup>Slesarev M.Y.

<sup>1</sup>Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Udmurt Republic, Izhevsk

<sup>2</sup>Udmurt State University, Izhevsk

<sup>3</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

**Annotation.** Degradation of water quality in the Izhevsk Reservoir constitutes an important problem. Pollutants enter the reservoir both with wastewater from industrial enterprises and through the catchment area of the water body. Intensive construction at sites related to the reservoir catchment area started a while ago, leading to significant deterioration in water quality and eutrophication enhancement. Unfortunately, there is no unified system for monitoring over the state of the Izhevsk Reservoir and its catchment area, and the impact of the catchment area on the reservoir is not assessed. The purpose of the study is to analyze geoecological indicators of minor rivers in the basin (case study of the rivers Podborenka and Pazelinka) under conditions of the urbanized environment to assess the impact of pollutants input into the Izhevsk Reservoir and set corresponding limits. An algorithm is proposed to determine the maximum permissible inputs of pollutants from the Podborenka River into the Izhevsk Reservoir.

**Keywords:** river, pollutants, observation points, volume of pollutants, water quality, the standards for pollutants also entering, Izhevsk Reservoir