

УДК 556.551:551.579

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-1-2020-30-39>

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ МАЛЫХ ПРАВОБЕРЕЖНЫХ ПРИТОКОВ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД*

И.Л. Григорьева, Е.Е. Лапина, Е.А. Чекмарева

Иваньковская НИС – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт водных проблем Российской академии наук, г. Конаково, Тверская область

Выполнен анализ изменения химического состава воды малых правобережных притоков Иваньковского водохранилища (рр. Дойбица, Донховка, Сучок) в зимнюю межень за многолетний период. Установлено увеличение минерализации, общей жесткости, концентрации ионов магния в воде всех водотоков как следствие увеличения притока подземных вод. Выявлено, что возрастание концентраций хлоридов в воде малых рек связано с поверхностным смывом с водосбора во время оттепелей. Увеличение температуры воздуха в зимний период и участвовавшие оттепели приводят к увеличению доли болотных вод в питании некоторых рек (р. Дойбица).

***Ключевые слова:** Иваньковское водохранилище, малые притоки, ретроспективный анализ, зимний период, гидроклиматические условия, химический состав воды.*

Иваньковское водохранилище – водоем комплексного назначения, первая ступень Волжско-Камского каскада водохранилищ, создано в 1937 г. в результате сооружения плотины у с. Иваньково (в настоящее время г. Дубна). Полный объем водохранилища при НПУ составляет 1.12 км³, площадь водного зеркала 327 км², средняя глубина – 3.4 м, площадь мелководий – около 48% от площади водного зеркала. При НПУ подпор от плотины водохранилища простирается до г. Тверь.

Основную роль в питании и формировании химического состава воды водохранилища играют реки Волга, Тверца, Шоша и Лама, объем стока которых составляет соответственно 59, 24 и 11% от общего притока в водоем [7, с. 25]. В Иваньковское водохранилище на участке от Твери до Дубны впадает также ряд малых притоков. Это правобережные: Дойбица, Донховка, Сучок, Инюха, Торопка, Полозовка и левобережные: Орша и Созь (рис.). Гидролого-морфометрические

* Исследование выполнено в рамках поддержанного РФФИ и Правительством Тверской области научного проекта № 18-45-690001.

характеристики основных правобережных притоков Иваньковского водохранилища представлены в табл. 1.

Малой рекой обычно считают водоток, расположенный в одной географической зоне и имеющий длину не более 100 км и площадь бассейна в пределах 1000 – 2000 км² [2, 11]. Малые реки имеют постоянный сток в течение всего года или кратковременно прерывающийся сток вследствие истощения запасов дренируемых ими подземных вод [2, 14].



Р и с. Карта–схема Иваньковского водохранилища с малыми притоками.
Створы наблюдений: 1 – р. Донховка, створ Селихово; 2 – р. Сучок, створ Вахромеево; 3 – р. Дойбица, створ Кочедыково

Т а б л и ц а 1

Гидролого-морфометрические характеристики некоторых правобережных притоков Иваньковского водохранилища, по [7, 16]

Название водотока	Длина, км	Площадь бассейна, км ²	Средний годовой расход, м ³ /с	Ширина, м	Глубина, м	Хозяйственное использование*
р. Дойбица	24	192	1.25	0.5-100	–	В, С, Сх, лР, Р.
р. Донховка	25	158	1.03	5-400	0.5-2.5	В, С, Сх, лР, Р.
р. Сучок	17	58.3	0.38	3-60	0.5-6	В, С, лР, Р.

Примечание - *В-водоснабжение; С-судоходство; лР-любительское рыболовство; Сх-сельское хозяйство; Р-рекреация

Доля малых притоков в поверхностном притоке в Иваньковское водохранилище составляет всего около 3–4%, но роль их в

формировании качества воды водохранилища и его эвтрофировании существенна, особенно на приустьевых участках [6, 7].

По условиям питания и режиму эти реки относятся к восточно-европейскому типу, для которых характерно высокое половодье, низкие зимняя и летняя межень и повышенный сток осенью. Питание рек состоит из снегового (более 50%), грунтового (30–35%) и смешанного (15–20%). В зимний период питание рек осуществляется исключительно грунтовыми водами, в тёплые зимы – частично водами верхних почвенных горизонтов [6, 7].

Состояние малых рек в значительной степени зависит от природных особенностей речных бассейнов, характера и масштабов хозяйственного использования природных ресурсов территории [1, 11].

Известно, что малые реки являются индикаторами изменения экологического состояния территорий [1, 11], поскольку их гидрохимический режим формируется, в значительной степени, под влиянием антропогенной нагрузки, увеличение которой приводит к ухудшению качества воды в малых водотоках в более значительной степени, чем в крупных.

Очевидно, что малые реки будут также интенсивней реагировать на изменение гидроклиматической ситуации в регионе, чем крупные. Нами ранее были выявлены тенденции увеличения среднемесячных и среднегодовых температур воздуха и суммы осадков за многолетний период по метеостанции Тверь [13, с. 12]. Наблюдается повышение температуры воздуха в последние 30 лет в сравнении с периодом с 1944 по 1974 гг.: в январе на 0.6°C, в феврале на 0.67°C, в марте на 0.77°C, в апреле на 0.43°C, в мае на 0.28 °C, июне на 0.15 °C, июле на 0.37°C, августе на 0.17°C, сентябре на 0.14°C, октябре на 0.17°C, ноябре на 0.12°C, декабре на 0.06°C [13, с. 12]. Таким образом, более значительное повышение температуры воздуха отмечается в период с января по март.

Изменение климатических условий несет за собой снижение длительности зимнего периода, увеличение количества оттепелей и их интенсивности, уменьшение глубины промерзания почвенного слоя [10, с. 46]. Следовательно, возрастает величина инфильтрационного питания, на зеркало грунтовых вод поступают прошедшие через почву и зону аэрации талые воды, в результате изменяется минерализация подземных вод, которые в основном питают малые реки в зимний период. В местах линейных и локальных источников загрязнения (автотрассы, магистральные и железные дороги, урбанизированные территории) с дневной поверхности с талыми водами в реки будут неизбежно поступать такие компоненты противогололедных реагентов как хлориды и натрий [8, 9].

Отбор проб воды в малых реках, а также в колодцах и родниках на их водосборе проведен авторами в зимние периоды 2018 и 2019 гг. из

поверхностного горизонта согласно ГОСТ 31612012 «Вода. Общие требования к отбору проб» [5, с. 1–22].

Анализ проб осуществлялся в аккредитованной химической лаборатории ИвНИС ИВП РАН (аттестат аккредитации RA.RU.21АН96 от 28.10.2016) по аттестованным методикам. В пробах воды определяли физико-химические показатели (рН, электропроводимость, мутность, взвешенные вещества), макрокомпонентный состав (HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ и K^+), биогенные элементы ($\text{Fe}_{\text{общ.}}$, Si, соединения азота и фосфора), показатели содержания органических соединений (БПК₅, перманганатная окисляемость (ПО), цветность), содержание кислорода, нефтепродукты. Методы исследования: титриметрический, йодометрический, гравиметрический, потенциометрический (рНметр–ионометр «Экотест 2000И»), фотометрический (спектрофотометр В–1100), ИК спектрофотометрия (концентрамер КН–2м ИШВЖ.010).

Для ретроспективного анализа были выбраны створы наблюдений, расположенные вне зоны подпора от водохранилища, по которым имеются данные наблюдений за многолетний период: р. Дойбица – Кочедыково, р. Сучок – Вахромеево, р. Донховка – Селихово. Одновременно отобрали пробы воды из колодцев в дд. Кочедыково и Вахромеево и из родника в с. Селихово, расположенных практически близ уреза. Сравнивались только те химические показатели, которые определялись во все три периода наблюдений.

Истоки рек Дойбица, Донховка и Сучок представляют собой болотные массивы Тверской и Московской областей [7, 12]. На формирование гидрохимического режима устьевых участков малых рек оказывает значительное влияние Ивановское водохранилище.

В борта и русло Волги и ее малых притоков разгружаются все водоносные горизонты (ВГ) зоны активного водообмена – грунтовые и напорные. Грунтовые воды береговой зоны делятся на безнапорные – первые от поверхности ВГ, и субнапорные, в которых по пространственному положению выделяются межморенные и подморенные воды. Безнапорные воды приурочены к современным болотному (hIV) и аллювиальному (aIV) ВГ; верхнечетвертичному аллювиальному (aIII) и надмосковскому флювиогляциальному (fIms) ВГ. По химическому составу грунтовые воды ранее относились к $\text{HCO}_3\text{--Ca}$ типу, а в последние годы к $\text{CO}_3\text{--Ca--Mg}$ типу с минерализацией 200–500 мг/дм³ [3, 10].

Антропогенное воздействие на формирование качества воды малых притоков Ивановского водохранилища заключается, прежде всего, в поверхностном смыве загрязнителей с селитебных, промышленных и сельскохозяйственных территорий, а также в попадании в водотоки сточных и ливневых вод разной степени очистки. В зимний период во время оттепелей на участках, где отсутствует

ледяной покров, в малые реки попадают хлориды и натрий – компоненты противогололедных реагентов. Зонирование водосборных территорий правобережных притоков Иваньковского водохранилища по виду антропогенной нагрузки представлено в табл. 2.

Из таблицы видно, что в истоках малые реки находятся в естественном состоянии, а в среднем и нижнем течении расположены селитебные, промышленные и рекреационные зоны. Сельскохозяйственные земли имеются только в среднем течении р. Донховки. По сравнению с 80–90-ми годами прошлого столетия на водосборах рассматриваемых притоков значительно уменьшилась площадь земель сельскохозяйственного назначения и увеличилась площадь рекреационных зон.

Малые реки обладают небольшой способностью пополнения водных ресурсов. Эти водотоки очень чувствительны к различным видам воздействия, которые приводят к их загрязнению, засорению и истощению [6, 7, 15].

Т а б л и ц а 2

Зонирование водосборной территории притоков Иваньковского водохранилища [15]

№ п/п	Название водотока	Селитебные зоны	Промышленные зоны	Сельскохозяйственные зоны	Рекреационные зоны	Крупные антропогенные объекты
1	Дойбица	2. 3	2	–	3	Трасса М10, ООО «AGC Flat Glass» (стекольный завод), селитебная застройка, туристско-рекреационная зона
2	Донховка	2. 3	2	2	3	Свиноводческий комплекс «Селихово», селитебная застройка, лодочная станция
3	Сучок	2. 3	–	–	3	Селитебная застройка, туристско-рекреационная зона

Примечание: Участки реки: 1 – исток, 2 – среднее течение, 3 – устье.

Наши предыдущие исследования показали, что вода малых правобережных притоков Иваньковского водохранилища относится к гидрокарбонатному кальциево–магниевому типу. Региональная особенность притоков Иваньковского водохранилища заключается в

высоком содержании в воде железа и марганца, а также больших значениях цветности и перманганатной окисляемости [4, 7].

Химический состав воды и межгодовая динамика показателей качества воды малых правобережных притоков (Дойбица, Донховка, Сучок) Ивановского водохранилища ранее были изучены в 1979–1980 и 1996–1999 гг. [6, 7]. Современное состояние качества воды этих же малых рек и грунтовых вод на их водосборе исследовалось авторами в зимний период 2018–2019 гг. Результаты химического анализа проб воды представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Химический состав грунтовых вод на водосборе малых правобережных притоков (1 – зима 1998–1999 гг., 2 – зима 2018–2019 гг.)

Ингредиент, единицы измерения	д. Кочедыково		д. Вахромеево		с. Селихово	
	1	2	1	2	1	2
рН, ед рН	6.9	7.9	7.2	7.3	6.9	7.4
ПО, мгО/дм ³	1.2	0.5	5.1	6.0	2.4	1.2
Цветность, град. Pt-Co шкалы	25	5	60	10	20	7
Гидрокарбонаты, мг/дм ³	244.1	250.2	500.4	463.8	414.9	451.5
Общая жесткость, мг- экв/дм ³	5.8	5.7	6.4	8.2	10.0	9.2
Кальций, мг/дм ³	80.2	62.5	120.2	118.0	132.3	128.3
Магний, мг/дм ³	21.9	31.3	4.9	27.7	41.3	34.0
Аммонийный азот, мгN/дм ³	0.38	0.02	0.74	0.33	0.34	0.02
Нитритный азот, мгN/дм ³	0.003	0.003	0.020	0.002	0.010	0.005
Нитратный азот, мгN/дм ³	14.1	14.6	0.47	0.05	9.08	4.2
Фосфаты, мг/дм ³	0.051	0.045	0.002	0.001	0.027	0.076
Хлориды, мг/дм ³	24.0	13.5	13.9	16.2	69.5	39.7
Сульфаты, мг/дм ³	79.0	39.6	30.0	8.5	129	54.7
Минерализация, мг/дм ³	449	327	669	635	787	709

Ретроспективный анализ показателей химического состава малых притоков (табл. 4) показал, что во всех трех реках наблюдается увеличение общей жесткости воды, концентрации магния и величины минерализации. Макрокомпонентный состав воды малых рек зимой, практически полностью, зависит от химического состава подземных вод, поэтому увеличение концентраций главных ионов и минерализации воды подземных вод приводит к увеличению концентраций и в воде водотоков. На химический состав воды малых рек в последние годы влияет не только увеличение притока подземных вод, но и смыв загрязняющих веществ с поверхности водосбора во время оттепелей.

В воде р. Дойбицы за многолетний период отмечается увеличение цветности, перманганатной окисляемости и ионов аммония, что,

очевидно связано с притоком высоко цветных вод с водосбора в период оттепелей.

Снижение величин цветности и ПО в воде рр. Сучок и Донховки зависит от уменьшения этих показателей в подземных водах за счет разбавления талыми водами (см. табл. 3), поскольку приток болотных вод в период оттепелей менее значителен, чем для р. Дойбицы.

Т а б л и ц а 4

Химический состав воды малых правобережных притоков
Иваньковского водохранилища в зимний период (1 – 1979–1980 гг.,
2 – 1996–1999 гг., 3 – 2018 г., 4 – 2019 г.)

	р. Дойбица, д. Кочедыково			р. Сучок, д. Вахромеево			р. Донховка, с. Селихово		
	1	2	3	1	2	4	1	2	4
рН, ед рН	6.9	7.0	7.1	7.5	7.1	7.7	6.9	7.2	7.75
ПО, мгО/дм ³	10	19.5	22.8	13.4	22.8	10.7	4.5	18.8	7.4
Цветность, град. Pt-Co шкалы	20	100	130	45	150	70	25	150	45
Гидрокарбонаты, мг/дм ³	269.3	293.8	280.7	214.2	140.8	250.2	214.2	244.8	335.6
Общ. жесткость, мг-экв/дм ³	4.6	6	5.1	3.7	3.0	4.8	3.6	5.3	7.00
Кальций, мг/дм ³	64	70	33.7	51	38	60.9	56	68	88.2
Магний, мг/дм ³	15.6	30	42	13.8	13.2	21.4	9.6	22.8	32.1
Ионы аммония, мг/дм ³	0.32	1.02	1.3	0.75	0.77	0.62	1.06	0.77	0.60
Нитриты, мг/дм ³	0.033	0.026	0.022	0.013	0.036	0.005	0.063	0.043	0.02
Нитраты, мг/дм ³	1.15	2.92	3.6	1.59	3.36	0.79	1.19	10.8	2.0
Фосфаты, мгР/дм ³	0.091	0.068	0.050	0.14	0.034	0.050	0.033	0.032	0.36
Хлориды, мг/дм ³	10	19	14.7	9.5	9.5	19.1	12.2	15.6	21.2
Сульфаты, мг/дм ³	18.6	53	30.0	24	25	20.9	41	53	32.4
Калий и натрий, мг/дм ³	14	14	12.3	13	–	8.2	17	13	2.9
Минерализация, мг/дм ³	392	480	423	326	–	384	350	417	523

Высокие концентрации сульфатов в воде малых притоков отмечались в середине 90-х годов прошлого столетия, в настоящее время наблюдается снижение концентраций сульфатов во всех исследованных водотоках и повышение концентраций хлоридов (до 21 мг/дм³), которые поступают в малые реки в результате смыва противогололедных реагентов во время оттепелей. Наблюдается снижение концентраций калия, по сравнению с 80–90 гг. прошлого столетия, что, скорее всего, связано с уменьшением количества удобрений, вносимых на поля.

Содержание в воде изучаемых рек соединений азота и фосфора нестабильно. Так концентрации азота аммония и нитратов увеличиваются в периоды потепления (в р. Дойбице у д. Кочедыково они составили 1.3 и 3.6 мг/дм³ соответственно), максимальные значения этих соединений отмечены в период 1996–1999 гг. (до 11 мг/дм³), когда сельскохозяйственное использование территории водосбора реки было максимальным.

Фосфаты фиксируются в воде всех водотоков в концентрациях менее 0.1 мг/дм³ практически во все годы наблюдений. Только концентрация в воде р. Сучок у д. Вахромеево в 1979–1980 гг. составила 1.4 мг/дм³, а зимой 2019 г. отмечена максимальная концентрация в 0.36 мг/дм³ (р. Донховка/с.Селихово). Высокие концентрации фосфатов являются следствием поступления их с хозяйственно-бытовыми стоками от частных домов, расположенных по берегам р. Донховки.

Выводы.

Исследование зимнего гидрохимического режима малых рек позволяет выявить, прежде всего, влияние гидроклиматических изменений на качество воды.

В зимний период на малых реках наблюдается как устойчивый ледовый покров, когда реки переходят на питание подземными водами с высокой минерализацией и жесткостью и низкой цветностью воды, так и периоды с отсутствием ледяного покрова. Это связано с участившимися оттепелями, близостью населенных пунктов, автомобильных дорог, наличием мостовых конструкций и мест сброса сточных и ливневых вод.

Повышение зимних температур воздуха в регионе вызывает оттепели и приводит к поступлению вод повышенной цветности с водосбора и увеличению цветности воды, что было отмечено в р. Дойбице.

Снижение концентраций сульфатов, натрия и калия в воде всех исследуемых водотоков в последние годы по сравнению с 80–90-ми годами прошлого столетия, очевидно, связано с уменьшением антропогенного пресса на реки на изучаемых участках.

Увеличение концентраций нитратов в воде р. Дойбицы и их снижение в воде двух других притоков обусловлено увеличением антропогенной нагрузки на эту реку.

Выявлено, что возрастание концентраций хлоридов, которые являются компонентом противогололедных реагентов, в воде малых рек связано с поверхностным смывом с водосбора во время оттепелей.

Список литературы

1. Алексеевский Н.И., Гриневский С.О., Ефремов П.В., Заславская М.Б., Григорьева И.Л. Малые реки и экологическое состояние территорий // Водные ресурсы. 2003. Т. 30. №5. С. 586–595.

2. Алтунина Г.С. Экология водного хозяйства (краткая энциклопедия). М.: АО ПО «Совинтервод», 1994. 226 с.
3. Ахметьева Н.П., Лапина Е.Е., Лола М.В. Экологическое состояние природных вод водосбора Ивановского водохранилища и пути по сокращению их загрязнения. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 240 с.
4. Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Чекмарева Е.А. Трансформация качества воды Ивановского водохранилища и его малых притоков за многолетний период под воздействием природных и антропогенных факторов // Вопросы географии. Сб. 145 «Гидрологические изменения». С. 337–346.
5. ГОСТ 3161–2012 «Вода. Общие требования к отбору проб», М.: Стандартиформ, 2013. 32 с.
6. Григорьева И.Л., Ланцова И.В. Современное экологическое состояние малых притоков Ивановского водохранилища // Гидротехническое строительство. 1999. №7. С.14–20.
7. Григорьева И.Л., Ланцова И.В., Тулякова Г.В. Геоэкология Ивановского водохранилища и его водосбора. Конаково: Дом «Булат», 2000. 248 с.
8. Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Кричевец Г.Н., Сафронова Т.И., Киреева М.Б., Игонина М.И. Формирование современных ресурсов поверхностных и подземных вод Европейской части России // Водные ресурсы. 2012. Т. 39. № 6. С. 571–589.
9. Ковалевский В.С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду. М.: Наука, 1994. 138 с.
10. Лапина Е.Е., Чекмарева Е.А. Оценка современного состояния подземных вод в береговой зоне Ивановского водохранилища и его притоков в зимний период // Вестник ТвГУ. Серия «География и Геоэкология». 2018. №3. С. 45–60.
11. Малые реки волжского бассейна. Под редакцией Н.И. Алексеевского. М.: издательство МГУ, 1998. 234 с.
12. Мирзоев Е.С., Мирзоев А.Е. Конаковский район. Краеведческий справочник. Тверь: Современник, 1995. 330 с.
13. Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Кузовлев В.В., Лапина Е.Е., Лапина Л.Э., Чекмарева Е.А. Предварительные результаты исследования закономерностей и факторов формирования зимнего гидрохимического режима поверхностных и подземных вод Тверской области // Сборник Трудов региональных научных проектов Тверской области 2018 г. в сфере фундаментальных исследований под. ред. В.М. Самсонова и С.В. Жукова. Тверь: Издательство ТГУ, 2018. С. 10–16.
14. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 308 с.

15. Чекмарева Е.А. Современное экологическое состояние малых притоков Иваньковского водохранилища // Материалы I Всероссийского конгресса молодых ученых-географов «Геопоиск–2016». Тверь: Издательство ТГУ, 2016. С. 933–939.
16. Государственный Водный реестр РФ [Электронный ресурс]. (Дата обращения: 10.01.2020).

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE WATER CHEMICAL COMPOSITION OF SMALL RIVERS ON THE RIGHT BANK IVANKOVO RESERVOIR IN WINTER

I.L. Grigoryeva, E.E. Lapina, E.A. Chekmareva

The Ivankovskaya Research Station - branch of the Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Konakovo town, Tver region

The authors of the article analyzed changes in the chemical composition of water in small tributaries of the right bank of Ivankovo reservoir (Doibica, Donxovka, and Suchok rivers) in winter over many years. It was established that the mineralization, water hardness, magnesium in the water of all small rivers increased. This is an increase in groundwater inflow. Concentrations of chlorides in the water of small rivers increase. This is due to flushing from the catchment surface during thaws. In the winter the air temperature increased is observed frequent thaws. Such changes lead to a flow of water from bogs in some rivers (p. Doybica).

Keywords: *Ivankovo Reservoir, small tributaries, retrospective analysis, winter, hydro-climatic conditions, chemical composition of water.*

Об авторах:

ГРИГОРЬЕВА Ирина Леонидовна – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Иваньковская НИС – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт водных проблем РАН (171251, г. Конаково, Тверская область, ул. Белавинская, д. 61–А, e-mail: Irina_Grigorieva@list.ru).

ЛАПИНА Елена Егоровна – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Иваньковская НИС – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт водных проблем РАН (171251, г. Конаково, Тверская область, ул. Белавинская, д. 61–А, e-mail: striker_elena@rambler.ru).

ЧЕКМАРЕВА Екатерина Александровна – младший научный сотрудник, Иваньковская НИС – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт водных проблем РАН (171251, г. Конаково, Тверская область, ул. Белавинская, д. 61–А, e-mail: e_al_cheva@iwp.ru).