

УДК 556.3: 551.435.36

DOI: <https://doi.org/>

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ЕГО ПРИТОКОВ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД*

Е.Е. Лапина, Е.А. Чекмарева

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

Приведены обобщенные данные по гидродинамическому, гидрохимическому и термическому режиму подземных вод береговой зоны Иваньковского водохранилища и его малых притоков в зимнюю межень 2011–2016 гг. Оценено качество вод различного генезиса в прибрежной зоне водохранилища в зимний период в условиях изменившейся антропогенной нагрузки и климатических вариаций.

***Ключевые слова:** Иваньковское водохранилище, береговая зона, подземные воды, малые притоки, гидродинамический, гидрохимический и термический режим.*

Иваньковское водохранилище, созданное на участке реки Волга от Твери до Дубны, обеспечивает 55–60% объема воды питьевого назначения для жителей Московского мегаполиса. Контроль качества поступающих к потребителю волжских вод на выходе ведется очень тщательно, в то время как воды водосбора: притоки, родниковый сток, подземные воды, определяющие химический состав водоема, исследуются недостаточно.

Подземные воды тесно связаны со всеми компонентами окружающей среды: литосферой, атмосферой, с почвенным покровом и поверхностными водами. При изменении свойств компонентов окружающей среды происходят изменения в подземной гидросфере, обратная связь также имеет место [6].

В XX веке в Нечерноземной зоне России главной угрозой качеству подземных вод считалась сельскохозяйственная деятельность, в результате которой в водные объекты поступали соединения азота, фосфора и калия (минеральные и органические удобрения,

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Тверской области в рамках научного проекта № 18-45-690001.

животноводческие стоки). В настоящее время ареал распространения сельскохозяйственной деятельности сократился на порядок и увеличилась роль таких факторов, как: климатические изменения, коттеджно-дачная застройка берегов и рекреация [3].

Из-за климатических изменений в последние годы в зимний период возросло количество оттепелей и их интенсивность, уменьшилась глубина промерзания почвенного слоя, что повлекло за собой увеличение величины инфильтрационного питания. На зеркало грунтовых вод поступают прошедшие через почву и зону аэрации талые воды, в результате чего уменьшается минерализация подземных вод; химический состав речных вод после смешения с талыми водами в зимний период отличается от состава подземного стока [6, 11].

Береговая зона Иваньковского водохранилища и его притоков является барьером, где оседают загрязняющие вещества разных классов опасности. Одни вещества сорбируются, другие накапливаются, трансформируются, либо нейтрализуются. Оставшаяся часть загрязнителей поступает непосредственно в водохранилище с водами малых рек, родников, с фильтрующимися в борта долин и ложе подземными водами. В XX веке ширина водоохранной зоны от уреза водохранилища составляла 3,0 км по обеим его сторонам, на этой территории запрещалось строительство [1]. В наше время ширина водоохранной зоны уменьшилась до 200 м. Возникает вопрос, какие изменения претерпел доминирующий ряд загрязняющих веществ, поступавших в водохранилище в зимний период, и произошли ли изменения?

Исследования [3] показали, что в результате коттеджно-дачной застройки и рекреации в окружающую среду прежде всего поступают все те же биогенные вещества в составе отходов жизнедеятельности человека – соединения азота, фосфора и калия. Однако из-за повышения температуры воздуха может произойти сдвиг в системе «вода – водовмещающие породы», интенсифицируются процессы выщелачивания – из доломитов, чередующихся с известняками карбона, в окружающую среду начнет поступать магний, из болотных экосистем – марганец, избыток которых в питьевой воде наносит значительный вред здоровью человека [4, 8].

Для оценки состояния подземных вод наиболее информативен зимний сезон, когда растительность отмирает, нитрификационные процессы сходят на нет, почвенный слой промерзает. К основным показателям состояния подземных вод относятся уровенный, термический и гидрохимический режимы, внутригодовые циклы которых в естественных условиях имеют предсказуемые закономерности, и такое состояние называют установившимся [6]. Когда внешние факторы нарушают сложившийся баланс, происходит изменение соотношения уровней, наблюдаются скачки температуры

воды, дебитов родников, меняется тип воды и ее кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные характеристики. Такое состояние подземных вод будет нарушенным, несущим риски их необратимой деградации.

Целью наших исследований является анализ современного режима подземных вод береговой части Иваньковского водохранилища в зимний период 2011–2017 г.г., куда входят гидродинамические, гидрохимические и термические характеристики подземного стока.

Общие природные условия

Регион исследования расположен в пределах Верхневолжской низины, отличается высокой заболоченностью. Основной водной артерией является река Волга. Климат умеренно-континентальный, с холодной зимой. Средняя годовая температура воздуха составляет 3,8 °С, среднее годовое количество осадков по области колеблется от 560 до 720 мм, по району среднемноголетняя величина равна 593 мм. Устойчивый снежный покров образуется к середине декабря, держится 157–160 дней, начинает таять с середины марта и сходит в середине апреля [10].

Иваньковское водохранилище делится на три плёса. Верхневолжский и Нижневолжский плёсы на протяжении от Твери до Дубны составляют волжскую ветвь, Шошинский плёс представляет собой затопленное русло реки Шоша от места ее впадения в Волгу до с. Тургиново.

Рельеф региона слаборасчлененный, абсолютные отметки поверхности изменяются в диапазоне 124–178 м, достигая минимума вблизи уреза р. Волги. Волго-Шошинская часть Верхневолжской низины имеет общий уклон поверхности на северо-восток, по которому текут реки. Долины рек изученной территории слабо террасированы, глубина эрозионного вреза не больше 50 м. Глубина рек составляет 1,5–5,0 м, а в устьевой части притоков водохранилища – до 7,0 м.

Геологические и гидрогеологические условия

Верхневолжская низина приурочена к глубокому дочетвертичному прогибу, заполненному толщей четвертичных отложений, которые залегают на юрских и каменноугольных отложениях. Толща четвертичных отложений представлена в основном московскими водно-ледниковыми песками и моренными суглинками, по берегам рек – аллювием. Мощность четвертичных отложений меняется в пределах 40–100 м. Водоносные пески разделяются мореной на несколько горизонтов, которые в основном и питают реки [7]. Литологический состав каменноугольных отложений – это чередование известняков и доломитов с прослоями глин и мергелей, общая мощность отложений карбона составляет 350–500 м [5]. Мощность юрских глин, перекрывающих известняки верхнего карбона, составляет в среднем 10–15 м. В районе с. Городня мощность достигает 30 м, около д. Плоски юрские глины размыты.

В долине Волги разгружаются все водоносные горизонты (ВГ) зоны активного водообмена – грунтовые и напорные. Грунтовые воды береговой зоны подразделяются 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 (fIIIms) ВГ. По химическому составу грунтовые воды обычно $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ типа с общей минерализацией 200–500 мг/дм³, в локальных участках загрязнения – до 1200 мг/дм³.

К субнапорным ВГ относят горизонт спорадического распространения в московской морене среднечетвертичного возраста (gIIIms) с $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ составом, с общей минерализацией 400–700 мг/л, и межморенный московско-днепровский аллювиально-флювиогляциальный ВГ (a, fIII_{dn}-ms). Воды горизонта пресные $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ типа с общей минерализацией 200–900 мг/ дм³.

Первым от поверхности напорным ВГ верхнего карбона от Твери до устья Шоши является касимовский C_3ksm , от устья Шоши до Дубны – князьминско-ассельский C_3k . Напорные воды по своему составу относятся преимущественно к $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ типу, с минерализацией до 1 г/дм³.

Модуль подземного стока подзоны дренирования местной эрозионной сетью составляет порядка 2,1 л/с км² [7].

Материалы и методы

В основу работы легли материалы режимных наблюдений за состоянием подземных вод, выполненных авторами в период с ноября по март 2011–2017 гг.

Поскольку априори зимний меженный речной сток отражает основные характеристики подземного стока, исследовались левобережные притоки Ивановского водохранилища Орша и Созь, правобережные притоки – Инга, Варлыка, Дойбица, Донховка, Сучок, Инюха и Шоша (в нижнем течении). Всего изучено 9 рек в 23 гидрометрических створах. В береговой зоне водохранилища и перечисленных притоков исследовались колодцы, скважины и родники. В опорных водных объектах определение режимных характеристик: уровней грунтовых вод, дебитов родников, расходов рек, температур и химического состава проводили один раз в месяц, в остальных – раз в сезон. В пробах воды определяли цветность (колориметрически, в градусах Pt-Co шкалы), перманганатную окисляемость (по Кубелю), солевой состав и биогенные элементы. Сумма натрия и калия определена расчетным методом по разности между анионами и катионами в эквивалентной форме. Анализы выполнены в гидрохимической лаборатории Ивановской НИС по стандартным методикам [9]. Кислотно-щелочные (pH) и окислительно-восстановительные (Eh)

характеристики измерены *in situ* портативными приборами, всего наблюдениями охвачено 42 колодца и 18 родников.

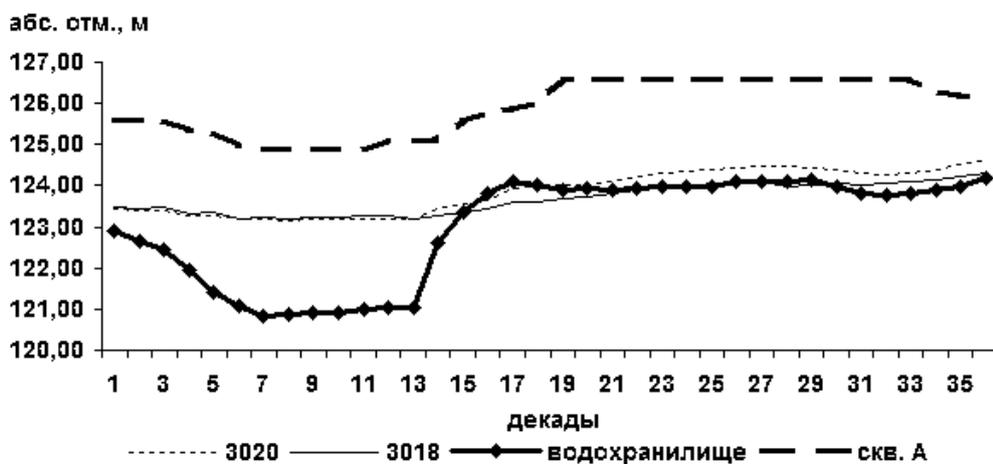
Результаты и обсуждение

Наиболее детально режим подземных вод изучен в створе скважин, расположенных близ д. Плоски Конаковского района, где наблюдения велись с 1994 г. Створ включает скважины 3018 и 3020 на грунтовые воды, расположенные в 59 м и 400 м соответственно от уреза Ивановского водохранилища, и самоизливающуюся скважину А в 3-х м от уреза. Скважина А вскрывает клязьминско-ассельский ВГ верхнего карбона, глубина ее составляет 79 м, напор при забурировании установился на 1.5 м выше поверхности земли.

Скважины располагаются в пределах II надпойменной террасы на правом берегу Ивановского водохранилища. Пойма и часть I террасы затоплены, имеется слабый уклон поверхности в сторону водохранилища. Скважина 3018 вскрывает межморенные отложения (а, fПdn-ms ВГ), скважина 3020 – первый от поверхности fПms ВГ. Глубина залегания уровня грунтовых вод 0.5 – 3,0 м.

Гидродинамический режим

Анализ внутригодовых изменений гидродинамического режима скважин на участке Плоски показал, что в этом месте напорные воды постоянно питают водохранилище, что видно из типового сопоставительного графика годового хода уровней в водохранилище и скважинах (рис. 1).



Р и с. 1. Типовой годовой ход уровней воды в скважинах и водохранилище на участке Плоски

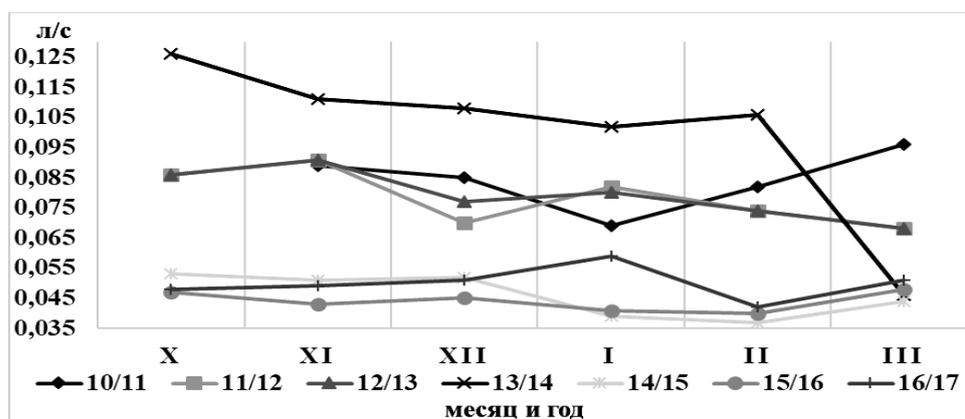
Поступление грунтовых вод зависит от водности предыдущих лет, в половодье в зависимости от соотношения уровней воды

водохранилища могут питать подземные водоносные пласты, но в зимний период с началом сработки уровня водохранилища происходит поступление в его ложе подземных вод всех генетических типов.

Родники встречаются в прирусловых валах поймы, бортах и тыловых швах надпойменных террас, часто приурочены к границе аллювиальных отложений с моренными суглинками. Родники в береговой зоне не перемерзают. Именно режимные наблюдения за родниками дают наиболее приближенную к реальности картину состояния подземных вод [7].

Дебиты родников небольшие, от 0,01 до 0,7 л/сек, суммарный дебит отдельных рассредоточенных выходов составляет 10–15 л/с. Почти все родники в импульсном режиме подпитываются в той или иной мере глубокими напорными водами [8].

В зимний период расходы родников береговой зоны водохранилища зависят от источников питания и опосредованно - от водности текущего и предшествующих лет. На рис. 2 показаны кривые дебитов родника Бор (опорный нисходящий) в зимнюю межень периода 2010–2017 гг. Родник выходит на дневную поверхность в нижней части II надпойменной террасы Волги, в основном бору, по контакту аллювиальных песков и моренных суглинков, в импульсном режиме подпитывается водами нижележащего межморенного ВГ. За время наблюдений зимой амплитуда расходов составила 0,089 л/с.



Р и с. 2. Ход кривых колебаний дебита родника Бор с ноября по март, 2010–2017 годы

Анализ хода кривых дебитов родника и водности соответствующего года свидетельствует о возможном влиянии метеорологических условий на расходы нисходящих родников. В многоводном 2013 году к началу зимней межени, когда влажность почв и пород зоны аэрации близка к максимальной, дебит родника относительно высокий (0,126 л/с), затем он плавно снижается до 0,106 л/с

в феврале и резко падает в марте, перед половодьем, до величины 0.046 л/с.

В маловодные 2014–2015 годы дебит значительно уменьшился и в зимний период достигал лишь 0,053 л/с, причем амплитуда расходов составила 0,016 л/с. Столь значительное сокращение дебита могло быть вызвано и уменьшением сработки уровня водохранилища с 4,2 м в 2013 году до 1,4 м в 2015 г.

В целом во время зимней межени от ее начала к окончанию дебиты родников снижаются.

Наблюдения за уровнем режимом грунтовых вод (УГВ) в береговой зоне показали, что в целом УГВ изменяется в западинах и заболоченных поймах 0,3–1,5 м, на высоких террасах – до 17–18 м, преобладающая глубина составляет 3–5 м.

Определено, что зимой наиболее глубоко грунтовые воды залегают на водосборах рек Донховка и Дойбица (5,3–5,7 м и 2,4–9,5 м соответственно). В бассейнах рек Сучок и Инюха уровни составляют 3,0 – 6,8 м и 4,5– 6,0 м, в нижнем течении Шоши – от 2,8 до 4,0 м; в бассейнах Сози и Инги 3,9–4,6 м и 3,4 м соответственно. Ближе всех к дневной поверхности расположены грунтовые воды прибрежных территорий рек Тропка (1.3 м) и Орша (2.6 м).

Гидрохимический режим

В табл. 1 представлен гидрохимический срез природных вод разного генезиса в прибрежной зоне водохранилища в период с конца февраля до начала марта 2015 г.

Из табл. 1 следует, что воды родников пресные, по кислотности нейтральные либо слабощелочные, в родниках преимущественно атмосферного питания встречаются слабокислые воды с рН 5,9. Химический состав родниковых вод относительно постоянный в условиях ненарушенной геологической среды и нестабильный на селитебных территориях. В родниках села Городня, расположенного вдоль федеральной трассы М10, зимой, как правило, содержание нитратов повышенное, в среднем 15–20 мг/дм³, иногда содержание достигает 1,5–2 ПДК. Дренажный сток мало минерализован, но несет значительное количество растворенных органических веществ. Особенностью напорных вод водоносных горизонтов верхнего карбона является сочетание высоких содержаний иона HCO_3^- и аммонийного азота с отрицательной величиной редокс-потенциала Eh. Замеры величины Eh показали, что в напорных водах она составляет от (–110) до (–130), в колодцах в среднем (+260), в водохранилище от +65 до +135 мВ.

Грунтовые воды колодцев в береговой зоне Шошинского плеса по его левой стороне либо пресные, $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ состава, с минерализацией до 0,4 г/дм³; либо (обычно в колодцах у дороги)

высокоминерализованные (до 1,6 г/дм³), хлоридного и сульфатного класса.

Т а б л и ц а 1

Химический состав вод (мг/дм³) разного генезиса прибрежной зоны
Иваньковского водохранилища (февраль – март 2015 г.)

Параметры	Воды						
	поверх.	родниковые			напорные		болот.
	Ивань- ков- ское вдхр. с. Город- ня	индексы водоносных горизонтов и место отбора пробы					
		aIV-aIII	fIIms	fII dn- ms	C _{3k}	C _{3ks} m	hIV
с. Саввать- ево	с. Городня	лесо- парк Конако- во	д. Плос- ки	д.Ку- рья- ново	дрена Шум- ново		
pH	7,9	7,84	7,5	7,2	7,37	7,70	6,0
Cl ⁻	7	3,2	44	44	1,3	3,7	1,3
SO ₄ ²⁻	13	14	59	12,8	4,0	14,0	9,0
HCO ₃ ⁻	165	128	433	275	311	322	9,2
Mg ²⁺	12,4	7,8	36,1	16,4	30,1	36,8	2,04
Ca ²⁺	52,4	38,6	146,2	76	57	42,4	4,2
Na ⁺ + K ⁺	10,6	0,2	12,0	19,6	3,9	10,8	0,5
NO ₃ ⁻	2,8	4,9	79	0,77	0,74	0,6	0,54
NH ₄ ⁺	0,4	0,16	0,04	0,42	1,02	0,46	0,4
PO ₄ ³⁻	0,2	0,04	0,23	0,32	0,08	0,02	0,04
Mz*	263	198	809	445	409	431	27
ПО**	6,8	1,5	3,1	6,7	2,2	3,2	17,7
Mn	0,13	0,04	0,04	0,14	0,11	0,05	0,04
Цветн.	23	3	3	20	10	7	70

Mz*-общая минерализация; ПО** – перманганатная окисляемость, мгО/дм³; цветность – градусы, по Pt-Co шкале

Поскольку зимой разбора воды из большинства колодцев не происходит, режим воды становится застойным. Пробы на химический анализ не отбирались, за исключением колодца в пос. Рыбхоз, где он используется круглогодично, и колодцев в отдаленных поселениях. Проанализированы результаты опробования родников и рек.

Основные гидрохимические характеристики притоков Иваньковского водохранилища в зимнюю межень 2014/2015 гг. представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Характеристика химического состава притоков Иваньковского водохранилища, зимняя межень 2014–2015 гг.

Притоки	Mz	pH	ЭПР	Ионный состав
	мг/дм ³		mS/m	
Левобережные притоки				
Орша	650	8,0	57,3	HCO ₃ 74 Cl 19/ Ca 54 Na 24
Созь	80	7,3	16,8	HCO ₃ 68 SO ₄ 31/ Ca 85 Mg 15
Правобережные притоки				
Инга	275	7,8	35,1	HCO ₃ 75 SO ₄ 16 Cl 18/ Ca 70 Mg 29
Варлыка	321	7,7	52,0	HCO ₃ 52 Cl 34 SO ₄ 14/ Ca 58 Mg 22 (Na+K) 20
Инюха	450	8,0	66,6	HCO ₃ 64 SO ₄ 25 Cl 11/ Ca 65 Mg 25 (Na+K) 20
Тропка	738	7,4	90,6	HCO ₃ 82 SO ₄ 9 Cl 19/ Ca 71 (Na+K) 17 Mg 10 NH ₄ 1
Сучок	364	6,9	52,3	HCO ₃ 80 SO ₄ 12 Cl 17/ Ca 65 Mg 29 (Na+K) 6
Донховка	594	7,3	74,0	HCO ₃ 76 SO ₄ 12 Cl 12/ Ca 62 Na 28 Mg 10
Шоша	476	7,6	61,1	HCO ₃ 91 Cl 5 SO ₄ 4 NO ₃ 1/ Ca 66 Mg 25 (Na+K) 9
Дойбица	526	7,6	63,4	HCO ₃ 75 Cl 15 SO ₄ 10/ Ca 66 Mg 25 (Na+K) 9

Зимой воды притоков по щелочно-кислотным свойствам нейтральные и слабощелочные, по величине минерализации умеренно-пресные и нормально-пресные. Тип воды исследованных рек относится, в основном, к HCO₃-Ca-Mg, реже – к HCO₃-SO₄Ca-Mg (р. Инюха) или HCO₃-SO₄Ca (р. Созь). В р. Варлыка, пересекающей магистраль М10, тип воды периодически меняется с HCO₃-Ca на HCO₃-Cl-Ca, что может быть обусловлено поступлением противогололедных реагентов, содержащих галит.

Вода рек отличается высокой цветностью, которая колеблется в среднем в диапазоне 50–275 град. Pt-Co шкалы. В пробах воды из Донховки в створах Селихово и Октябрьский мост, где происходит интенсивная разгрузка напорных горизонтов карбона, величина цветности в январе 2015 года составила 10 град.

В результате анализа массива данных выделены маркеры, характеризующие разбавление подземных/поверхностных вод талыми водами оттепелей – это гидрокарбонаты, нитраты и цветность. Разные сочетания маркеров указывают на источник поступления разбавителя. Воды карбона отличаются диапазоном концентраций иона HCO₃⁻ от 350 до 480 мг/дм³, близкой к нулю цветностью и практически отсутствием нитратов. Талые воды имеют низкую цветность и мало минерализованы (за исключением локальных очагов загрязнения), болотные, наоборот, содержат значительное количество органических веществ гумусового характера и незначительное – нитратов и гидрокарбонатов.

Для составления полноценной картины состояния гидросферы береговой зоны на химический анализ также отбирали пробы лежалого снега и тающей наледи, данные которого выборочно представлены в табл. 3.

Таблица 3

Динамика содержания ионов HCO_3^- , NO_3^- (мг/дм^3) и величин цветности (ед. Pt-Co шкалы) в образцах лежалого снега и тающей наледи

	17.03.14	02.03.11	02.03.11	11.03.11	17.03.14	12.03.15
Вид образца	Наледь	Снег				
Место отбора	Родник Парк	Болото, д. Шумново	Иваньковская НИС	Водосбор р. Донховка		
HCO_3^-	36,6	6	9,2	9	9,2	12,2
NO_3^-	1,2	1,7	2	1,8	1,5	0,8
цветность	35	3	5	5	3	2

Все изученные водотоки вытекают из болотных массивов либо питаются в истоках болотными водами. Нельзя исключить участия в повышении цветности речных вод органических веществ из заболоченных почв пойм вследствие участвовавших оттепелей. Сравним химический состав дренажных вод низинных и верховых болот в зимний период, показанный в табл. 4.

Таблица 4

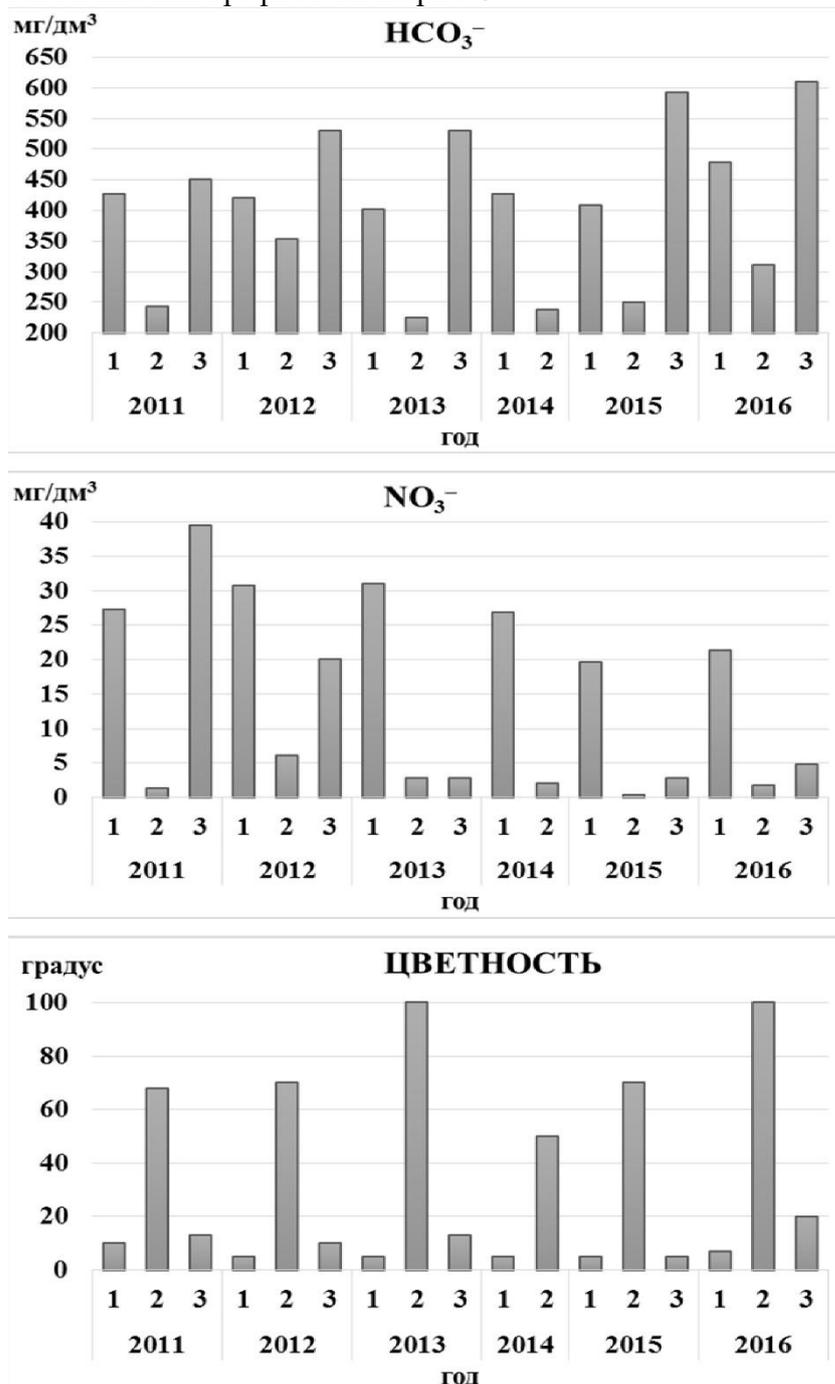
Динамика содержания ионов HCO_3^- , NO_3^- (мг/дм^3) и величин цветности дренажных вод низинного и верхового болот

Болото	Низинное			Верховое		
	«Вешка»			«Шумновское»		
Дата	HCO_3^-	NO_3^-	цветн.	HCO_3^-	NO_3^-	цветн.
ХП.2013	348	7.4	45	92	1.7	225
I.2014	397	3.8	45	55	0.5	220

Низинное болото, источником питания которого служат подземные воды, имеет низкую постоянную цветность и достаточно высокую щелочность. Содержание нитратов именно в болоте «Вешка» обусловлено значительной животноводческой нагрузкой. Воды верхового болота характеризуются обратной картиной, здесь цветность тоже постоянная, хотя и меньше, чем бывает летом. Поскольку дренажные воды протекают в краевой части болота, они имеют близкий к нейтральному рН, однако концентрации иона HCO_3^- довольно малы, что также свидетельствует в пользу разбавления болотных вод талыми водами. Сток из болот летом может пересыхать, но зимой в исследованном регионе сток есть всегда. С водами болот привносится значительное количество марганца (в зимних пробах определено содержание 0,25–0,69 мг/дм^3 при ПДК для питьевых вод 0,1 мг/дм^3).

Наиболее четко временные и пространственные изменения величин выбранных маркеров прослеживаются на тех опорных участках, где наблюдения проводились одновременно за поверхностным стоком,

родником и колодезем. Результаты режимных наблюдений на участке Селихово показаны графически на рис. 3.



Р и с. 3. Динамика ионов HCO_3^- , NO_3^- (мг/дм³) и цветности в опорных водных объектах, р. Донховка, гидропост Селихово, месяц март, период 2011–2016 гг.

1 – родник, 2 – река, 3 – колодез.

В годы низкой водности (2014, 2015) во время зимней межени резко возросла интенсивность субаквальной разгрузки напорных вод (цветность в Донховке колебалась в пределах 10-70 град. Pt-Co шкалы, концентрации нитратов снизились до долей единицы, гидрокарбонатов – повысились до 360 мг/дм³). В годы многоводные (2013, 2016) цветность колебалась в диапазоне 100-150 град., что прямо указывает на увеличение расхода дренажного стока с болот и внутрипочвенного стока заболоченной поймы.

В табл. 5 представлена динамика величин выбранных маркеров на протяжении всего зимнего периода в воде р. Донховка.

Т а б л и ц а 5

Динамика HCO_3^- , NO_3^- (мг/дм³) и величин цветности, р. Донховка – створ Селихово, 2013/2014, по мере сработки уровня водохранилища.

	HCO_3^-	NO_3^-	цветность	Сработка, м
XII	171	2,1	140	123,9
I	238	5,4	130	123,0
II	305	0,4	65	122,2
III	238	2,1	50	121,6

В феврале изменение химического состава речных вод свидетельствует о возрастании субаквальной разгрузки напорных вод, в марте – на преобладающее поступление талых вод.

Основные характеристики родников и ключевых колодцев береговой зоны Ивановского водохранилища в зимнюю межень показаны в табл. 6.

В период наблюдений подземные воды волжской ветви водохранилища имели преимущественно $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ состав, реже $\text{HCO}_3\text{-Ca}$. Доля магния меняется в зависимости от состава водовмещающих пород, например, по правому берегу шошинской ветви, в ключевом колодце д. Кочедыково вода имеет $\text{HCO}_3\text{-Mg-Ca}$ состав, что указывает на преобладание доломитов в водовмещающих породах горизонта. Среди катионов преобладает Ca, реже Mg и еще реже Na, среди анионов – гидрокарбонаты, лишь в одном случае в скважине ручного бурения выявлены воды сульфатного класса (водосбор р. Сучок).

Наблюдается высокая переменность концентраций нитратов: от долей единицы в водотоках и родниках, расположенных на участках с низкой антропогенной нагрузкой, до 40–70 мг/дм³ на участках локального загрязнения.

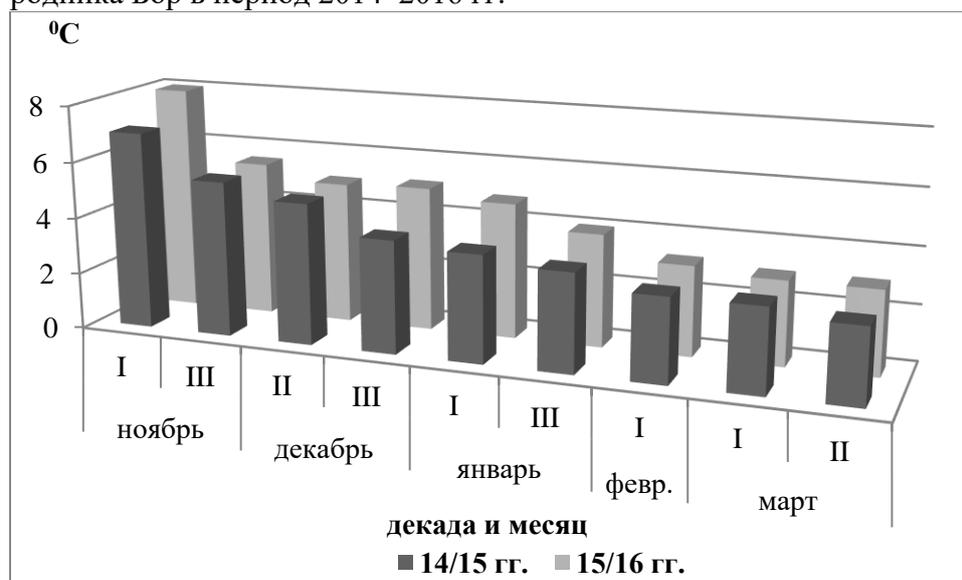
Т а б л и ц а 6

Химический состав подземных вод в береговой зоне
Иваньковского водохранилища и его притоков, зимняя межень
2011–2016 гг.

	M/ NO ₃ ⁻	Ионный состав, % – ммоль/ дм ³
	Берега водохранилища от Твери к Дубне	
Родник Химинститут	285/1,8	HCO ₃ 88 SO ₄ 9 Cl ₂ / Ca70 Mg21Na+K9
Родник Игуменка	346/1,1	HCO ₃ 74 SO ₄ 18 Cl ₇ / Ca59 Mg40
Родник Городня	733/22,0	HCO ₃ 68 Cl 14SO ₄ 12 NO ₃ 7/Ca71Mg26 Na+K3
Колодец Рыбхоз	378/55,3	HCO ₃ 60 NO ₃ 18SO ₄ 14 Cl ₈ / Ca70Mg28
Родник Раздолье	441/19,5	HCO ₃ 90 NO ₃ 6 Cl3SO ₄ 2 / Ca62Mg33 Na+K5
Родник Бор	240/0,49	HCO ₃ 86 SO ₄ 10/ Ca58Mg29
Родник Парк	236/1,18	HCO ₃ 86 SO ₄ 10 Cl ₄ / Ca68 Mg24Na+K3
Водосбор р. Созь		
д. Окулово, колодец	510/6,9	HCO ₃ 86 SO ₄ 10 Cl ₂ NO ₃ 2/ Ca71 Na+K15Mg14
д.Поповское, родник	455/43,1	HCO ₃ 57 SO ₄ 19 Cl ₁₄ NO ₃ 11/ Ca57Mg22 Na+K21
Родник, д. Окулово	128/0,9	HCO ₃ 83SO ₄ 15/Ca70Mg27 Na+K3
Водосбор р. Донховка		
Селихово, родник	747/21,2	HCO ₃ 70 Cl 16SO ₄ 9 /Ca60Mg30
Селихово, колодец	620/21,5	HCO ₃ 66 SO ₄ 22 Cl ₁₀ NO ₃ 2 /Ca64Mg30 Na+K6
Конаково, Октябрьский мост, родник	680/3,2	HCO ₃ 68 SO ₄ 20 Cl ₂ /Ca68Mg29
Конаково, школа, родник	890/6,0	HCO ₃ 60 SO ₄ 28Cl 11/Ca61Mg26Na11
Река Орша		
Родник Савватьевский	199/4,9	HCO ₃ 81 SO ₄ 12 Cl 4 NO ₃ 3/Ca67Mg23 Na+K 10
р. Инюха		
Вахонино, родник	561/16,1	HCO ₃ 67 Cl 18SO ₄ 12/Ca68 Mg27(Na+K)5
Р. Дойбица		
Кочедыково, верхний колодец	480/36,3	HCO ₃ 74 SO ₄ 10Cl ₈ /Mg57Ca37Na+K6
Колодец у д. 10 д. Безбородово	265/18,8	HCO ₃ 69 Cl 13 SO ₄ 10NO ₃ 9 /Ca74Mg14Na+K 12
Колодец у д. 20 д. Безбородово	439/45,9	HCO ₃ 66 NO ₃ 13 Cl 12SO ₄ 9 /Ca76 Mg20 Na+K 4
Р. Сучок		
Скважина ручного бурения	398/2,4	SO ₄ 80 HCO ₃ 14 Cl ₆ / Ca70 Mg20 Na+K 10
Колодец, д. Вахромеево	625/4,3	HCO ₃ 85 SO ₄ 10Cl ₄ / Ca71Mg29

Термический режим в наибольшей степени зависит от генезиса подземного потока. На грунтовые воды четвертичных отложений влияют метеорологические условия года: с наступлением зимнего периода температуры снижаются с летней 10–15 °С вплоть до 0° С. На

рис. 4 показан ход кривых температур по режимным данным опорного родника Бор в период 2014–2016 гг.



Р и с. 4. Динамика температуры родника Бор с ноября по март, 2014–2016 гг.

За счет подпитывания субнапорными и напорными водами зимой в аллювиальных водах надпойменных террас температура воды в родниках колеблется в пределах 2–4°C, в колодцах – от 1,5 до 7°C. Воды межморенных отложений имеют температуру 6–8°C, напорные воды верхнего карбона характеризуются наиболее постоянной температурой в 7–8°C в любое время года.

Выводы

Состав поверхностных вод притоков Иваньковского водохранилища в течение зимней межени периода 2011–2017 гг. относился преимущественно к гидрокарбонатному кальциево-магниевому типу с минерализацией в пределах 200–700 мг/дм³, за исключением реки Созь с водами гидрокарбонатно-сульфатного кальциевого типа и минерализацией до 100 мг/дм³.

Разбавление речных вод талыми водами в зимнюю межень происходит в импульсном режиме, дренажный сток с болот в период наблюдений происходил постоянно.

Наиболее информативными маркерами для определения источника разбавления поверхностных водотоков в зимний период являются ионы гидрокарбонатов, нитратов и величина цветности.

Цветность водотоков колебалась в пределах 100–150 град. в многоводные годы, от 10 до 70 град. – в маловодные.

Высокая цветность поверхностных водотоков региона в зимний период обусловлена поступлением вод преимущественно с верховых болот и заболоченных почв поймы.

На водосборе рек Дойбица и Шоша в подземных водах зимой наблюдается повышенное содержание хлоридов – до 600 мг/дм³, на водосборе Донховки – солей кальция и магния – до 12 ммоль/ дм³, нитратов до 1,5 ПДК. Этот факт может быть связан как с использованием противогололедных реагентов на основе нитратов кальция и мочевины, так и с приуроченностью русел рек к тектоническим нарушениям.

Дебиты родников в береговой зоне от начала зимнего сезона к его окончанию в целом снижаются у родников с низкой долей подпитывания глубокими напорными водами и повышаются у родников, в которых разгружаются преимущественно субнапорные и напорные воды.

Отмечается высокое содержание нитратов в родниках и используемых колодцах на селитебных территориях (Городня – 22–79, колодец Рыбхоз до 55, Селихово 10–39, Поповское до 43 мг/дм³). На фоновых территориях концентрации нитратов не превышают долей единицы.

Список литературы

1. Ахметьева Н.П., Лола М.В., Горецкая А.Г. Загрязнение грунтовых вод удобрениями. – М.: Наука, 1991. – 100 с.
2. Всеволожский В.А. Основы гидрогеологии. Учебник. – М., МГУ. 1991. 351 с.
3. Григорьева И.Л., Чекмарева Е.А. Влияние рекреационного водопользования на качество воды Иваньковского водохранилища//Известия РАН. Серия географическая, 2013, №3, с. 63-70.
4. Злобина И.Л., Медовар Ю.А., Юшманов И.О. Трансформация состава и свойств подземных вод при изменении окружающей среды. М.: Изд-во «Мир науки». URL: 2017//<http://izd-mn.com/PDF/21MNNPM17.PDF>
5. Красинцева В.В., Кузьмина Н.П., Сенявин М./М. Формирование минерального состава речных вод. М., Наука, 1977. 176 с.
6. Ковалевский В.С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду. М.: Наука, 1994. 138 с.
7. Ковалевский В.С. Комбинированное использование ресурсов поверхностных и подземных вод. М.: Научный мир, 2001. 332 с.
8. Лапина Е.Е., Ахметьева Н.П., Кудряшова В.В. Родники долины верхней Волги и ее притоков: условия формирования, режим, охрана. ООО «Купол», Тверь. 256 с.
9. Методы исследования качества воды водоемов //Новиков Ю.В. и др. М.: Медицина, 1990. 400 с.

10. Мирзоев Е.С., Мирзоев А.Е. Конаковский район. Краеведческий справочник. Тверь, 1995. 330 с.
11. Формирование современных ресурсов поверхностных и подземных вод Европейской части России/Джамалов Р.Г. и др. Водные ресурсы. 2012. Т. 39. № 6. С. 571–589.

ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF GROUNDWATER IN COASTAL ZONE OF THE IVAN'KOVSKOYE RESERVOIR AND ITS TRIBUTARIES IN WINTER PERIOD

E.E. Lapina, E.A. Chekmariova

Ivan'kovo Research Station the Department of the Water Problems Institute of Russian Academy of Science, Konakovo, Tver Oblast

There was analyzed the data about hydrodynamic, hydrochemical and thermal regime of groundwater in the coastal zone of the Ivan'kovskoye reservoir and its small tributaries in the winter period of 2011-2016 years. There was evaluated the quality of water of different hydrogeological genesis during to changing anthropogenic pressure and climat variations.

Keywords: *Ivan'kovskoe reservoir, coastal zone, groundwater, small tributaries, hydrodynamic, hydrochemical and thermal regime.*

Об авторах:

ЛАПИНА Елена Егоровна – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Ивановская НИС – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт водных проблем Российской академии наук (г. Конаково, Тверская область), e-mail: shtriter_elena@rambler.ru

ЧЕКМАРЕВА Екатерина Александровна – младший научный сотрудник, Ивановская НИС – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт водных проблем Российской академии наук (г. Конаково, Тверская область), e-mail: s_taya@list.ru