

В.М.Артеменко**, Ю.П.Ильин*, В.С.Кучеренко***,
А.И.Рябинин*, С.А.Боброва*, А.Н.Гуцалюк*,
Ю.А.Мальченко*, Л.В.Салтыкова*

**Морское отделение Украинского научно-исследовательского
гидрометеорологического института, г.Севастополь*

***Государственное управление экологии и природных ресурсов
в г.Севастополе, г.Севастополь*

****ГКП «Севгорводоканал», г.Севастополь*

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОД ЧЕРНОРЕЧЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 1991 – 2004 ГГ.

Рассмотрены особенности сезонной динамики гидрохимического режима и состояния загрязнения вод Чернореченского водохранилища г.Севастополя. Показано, что для всех рассмотренных показателей характерен выраженный сезонный ход, связанный с преобладанием в приходной статье баланса дождевых или грунтовых вод, а также с годовым биологическим циклом. Установлены закономерности связи гидрохимического режима с микроэлементным составом вод.

До середины 50-х гг. Крымский п-ов был практически лишен запасов пресных вод, пригодных для обеспечения нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения, что в значительной мере осложняло развитие сельскохозяйственной индустрии и, главное, ограничивало развитие региона, как центра рекреационного туризма [1]. Существовавшая в те годы развитая система подземных водозаборов мало подходила для обеспечения ритмичного водоснабжения новых объектов в условиях неравномерной сезонной нагрузки, т.к. всякие попытки интенсифицировать эксплуатацию подземных водозаборов сверх установленных лимитов приводили к снижению (иногда необратимому) качества получаемой воды и, следовательно, увеличивали затраты на ее доочистку и подготовку. На сегодняшний день последствия такого подхода к эксплуатации ресурсов пресных вод особенно заметны в западном Крыму [2, 3]. И только строительство серии водохранилищ в восточных и западных предгорьях Ай-Петринской яйлы позволило превратить Крым из депрессивного региона, с ограниченными перспективами развития, в динамично развивающийся.

Одно из водохранилищ было сооружено в 1954 г. в верховьях р.Черной, относящейся к западной группе крымских рек [1]. В настоящее время Чернореченское водохранилище является одним из крупнейших в Крыму и при фактической водоотдаче 45 – 70 тыс. м³/сут обеспечивает около 70 % потребления пресных вод в г.Севастополе (2002 г.) [4]. Полная проектная водоотдача, по данным «Крымниопроект», составляет 120 тыс. м³/сут [5], что в сочетании с наметившимся курсом на демилитаризацию, делает регион г.Севастополя одним из наиболее привлекательных для размещения инвестиций в различные отрасли промышленности и туризм.

© В.М.Артеменко, Ю.П.Ильин, В.С.Кучеренко, А.И.Рябинин,
С.А.Боброва, А.Н.Гуцалюк, Ю.А.Мальченко, Л.В.Салтыкова, 2005

Размещение Чернореченского водохранилища на территории заказника общегосударственного значения «Байдарская долина» и, таким образом, отсутствие прямого техногенного влияния, во многом определяет высокие показатели качества его вод. Тем не менее, для водохранилищ, расположенных в верховьях рек характерным является наследование всех особенностей их гидрологического режима. Так, для р.Черной, как и для всех рек западного склона Ай-Петринской яйлы, характерен смешанный тип питания: дождевое и подземное, с преобладанием дождевого. Наиболее значимым в годичном цикле водохранилища является период с ноября по апрель, когда водохранилище принимает около 85 % воды. При этом происходит промывка водосборного бассейна, имеющего площадь порядка 200 км³, на территории которого находится большое количество промышленных предприятий, сельхозугодий и баз отдыха. Этим объясняется наличие единичных случаев ухудшения качества воды, отмечаемое санитарно-эпидемиологической и экологической службами [4].

Целью данной работы является определение режима вод Чернореченского водохранилища по гидрохимическим показателям и микроэлементному составу. При этом помимо решения общих задач гидрохимии, одной из первоочередных целей является оценка качества вод в свете современных требований экологического законодательства Украины и международных стандартов.

Материалы и методы. Для составления характеристики вод Чернореченского водохранилища были использованы материалы наблюдений ГКП «Севгорводоканал», являющегося крупнейшей организацией-водопользователем в регионе. Выполнение наблюдений этой организацией проводится ежемесячно, а в программу наблюдений включено обязательное определение физико-химических показателей (мутности, минерализации, жесткости, рН, щелочности, БПК₅, окисляемости, сульфатов, хлоридов и фторидов), элементов биогенного цикла (нитратов, нитритов и аммонийного азота) и загрязняющих веществ (СПАВ и железо).

В 1991 – 2004 гг. Государственным управлением экологии в г.Севастополе проводился регулярный мониторинг качества вод р.Черной по 24 показателям (температура воды, содержание растворенного кислорода, взвешенным веществам, минерализации, жесткости, рН, щелочности, БПК₅, окисляемости, сульфатам, хлоридам, нитратам, нитритами, аммонийному азоту, СПАВ, нефтепродуктам, *Ca, Mg, Cr, Fe, Cu, Zn, Cd* и *Pb*) в районе водосброса из Чернореченского водохранилища. Определение содержания СПАВ и нефтепродуктов выполнялось фотоколориметрическим и ИК-спектрофотометрическим методом соответственно. Данные этого мониторинга также были использованы для описания гидрохимического режима вод Чернореченского водохранилища и составления характеристик его изменчивости.

Микроэлементный состав вод водохранилища определялся один раз в год, в период с апреля по октябрь 1991 – 2004 гг. Пробы воды отбирались сотрудниками ГКП «Севгорводоканал», а анализ проб выполнялся в Лаборатории химии моря МО УкрНИГМИ, совместно с Лабораторией активационного анализа АН Узбекистана. Анализ выполнялся нейтронно-активационным методом [6], что позволило определить содержание 28 элементов:

B, Sc, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Hf, Au, Hg, Pb, Th и *U* из одной пробы воды.

На устьевом участке реки, ниже последней станции водоподготовки (гидроузла № 3), с 2003 г. Лабораторией химии моря МО УкрНИГМИ проводится ежеквартальное определение содержания фенола (карболовой кислоты) методом газожидкостной хроматографии.

Результаты и обсуждение. Как уже отмечалось, для динамичного развития рекреационного комплекса региона, запасы пресных вод должны оцениваться не только в количественном отношении, но и по качеству, в т.ч. с учетом требований мировых стандартов качества воды. В табл.1 приведена выборка из нормативов качества поверхностных и питьевых вод, установленных различными государствами и международными организациями, для показателей гидрохимического режима и загрязнения, определение которых проводилось в водах Чернореченского водохранилища и для показателей микроэлементного состава.

Данные табл.1 свидетельствуют о близости подходов к нормированию качества поверхностных и питьевых вод, принятых в Украине и в мировом сообществе. Вместе с тем, перечень показателей, нормируемых [8] для питьевой воды, содержит сравнительно небольшое число значений ПДК веществ, которые могут попасть в воду в ходе водоподготовки (очистки). В свою очередь, это подразумевает строгий контроль качества поверхностных вод, предназначенных для организации централизованного водоснабжения по показателям, не нормируемым в питьевой воде и увеличение которых не может произойти при дополнительной подготовке воды или при ее транспортировке. В этом отношении показательно различие подходов к качеству питьевой воды в Украине и РФ, где более жесткие нормативы (по количеству показателей) установлены именно для питьевой воды, а не для источников поверхностных вод.

Безусловно, разница в подходах незначительна при организации непрерывного мониторинга качества вод, однако, это предусматривает не только выполнение систематических наблюдений, но и соответствующую обработку результатов. Такая обработка должна предусматривать составление сезонных и среднемесячных характеристик качества вод по контролируемым показателям и определение периодов, когда качество вод может достичь критического уровня, и для получения питьевой воды, отвечающей стандартам качества, потребуются дополнительные меры по очистке исходной поверхностной воды.

На рис.1 – 4 приводятся характеристики внутригодовой изменчивости основных показателей качества вод Чернореченского водохранилища за 1991 – 2004 гг., их среднегодовое значение и границы доверительного интервала при $P = 0,90$.

Растворенный кислород. На протяжении года среднее содержание кислорода в воде Чернореченского водохранилища изменялось от 7,0 до 11,4 мг/дм³ (от 73 до 97 % насыщения). Наиболее высокие значения показателя характерны для весеннего периода и совпадают с началом биологической весны и интенсификации процесса фотосинтеза.

Низкие значения концентрации растворенного кислорода наблюдаются

Т а б л и ц а 1. Предельно-допустимые значения показателей качества пресных вод и величины кларка микроэлементов [7 – 11].

показатель	значение показателя, мг/дм ³							ВОЗ	кларк поверх- ностных вод
	Украина		Россия		США	ЕС			
	СанПиН 4630-88	ДсанПіН №383 від 23.12.96	СанПиН 2.1.4. 1074-01	ГН 2.1.5. 1315-03 от 30.04.03	MCL-Maximum Concentration Level	Директива Совета ЕС 98 /83 от 03.11.98			
взвешенные вещества	0,25	0,5 – 1,5	–	–	–	0,5 – 1	4	–	
водородный показатель, ед. рН	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,0 – 9,0	–	6,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	–	
растворенный кислород	< 4,0	–	< 4,0	–	–	–	–	–	
минерализация	1000	1000 – 1500	1000 – 1500	–	500	1500	1000	–	
жесткость, мг-экв/дм ³	–	7,0 – 10	7,0 – 10	–	–	12	–	–	
сульфаты	500	250 – 500	500	–	250	250	250	–	
хлориды	350	250 – 350	350	–	250	250	250	–	
окисляемость	–	4,0	5,0	–	–	5,0	–	–	
щелочность, мг-экв/дм ³	–	–	–	–	–	30	–	–	
БПК	3	–	–	–	–	–	–	–	
СПАВ	–	–	0,5	–	–	–	–	–	
фенол	0,001	–	0,001	–	–	–	–	–	
фториды	0,7 – 1,2	1,5	–	–	2,0 – 4,0	1,5	1,5	–	
нитраты	45	45	45	45	44	50	50	–	
нитриты	3,3	–	3,0	3,3	3,3	0,5	3,0	–	
аммонийный азот	2,0	–	–	1,5	–	0,5	1,5	–	
литий	0,03	–	0,03	–	–	–	–	0,001	
бериллий	0,0002	–	0,0002	0,0002	0,004	–	–	0,001	
бор	0,5	–	0,5	0,5	–	1,0	0,3	0,01	
натрий	200	–	200	–	–	200	200	6,3	
магний	–	–	–	50	–	50,0	–	4,1	
алюминий	0,5	–	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,24	
калий	–	–	–	–	–	12,0	–	2,3	
кальций	–	–	–	–	–	100	–	15	
ванадий	0,1	–	0,1	0,1	–	–	–	0,001	

Продолжение таблицы 1.

показатель	значение показателя, мг/дм ³							ВОЗ	кларк поверх- ностных вод
	Украина		Россия		США	ЕС			
	СанПиН 4630-88	ДсанПіН №383 від 23.12.96	СанПиН 2.1.4. 1074-01	ГН 2.1.5. 1315-03 от 30.04.03	MCL-Maximum Concentration Level	Директива Совета ЕС 98 /83 от 03.11.98			
хром	0,05	–	0,05	0,05	–	0,05	0,05	0,0002	
марганец	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,1	0,01	
железо	0,3	0,3	0,3	0,3	–	0,2	0,3	0,7	
кобальт	0,1	–	0,1	0,1	–	–	–	0,001	
никель	0,1	0,1	0,1	0,02	–	0,02	0,02	0,01	
медь	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0 – 1,3	2,0	1,0	0,01	
цинк	1,0	–	5,0	1,0	–	5,0	3,0	0,01	
мышьяк	0,05	–	0,05	0,01	0,05	0,01	0,01	0,0004	
селен	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,0002	
рубидий	0,1	–	0,1	–	–	–	–	0,0015	
стронций	7,0	–	7,0	7,0	–	–	–	0,08	
ниобий	0,01	–	0,01	0,01	–	–	–	0,00001	
молибден	0,25	–	0,25	0,25	–	–	0,07	0,00004	
серебро	0,05	–	0,05	0,05	–	0,01	–	0,00013	
кадмий	0,001	–	0,001	0,001	0,005	0,005	0,003	0,08	
сурьма	0,05	–	0,05	0,005	0,006	0,006	0,005	0,001	
теллур	0,01	–	0,01	0,01	–	–	–	–	
барий	0,1	0,1	0,1	0,7	2,0	0,1	0,7	0,05	
самарий	0,024	–	0,024	–	–	–	–	0,00003	
европий	0,3	–	0,3	–	–	–	–	0,000007	
вольфрам	0,05	–	0,05	0,05	–	–	–	–	
ртуть	0,0005	–	0,0005	0,0005	0,002	0,001	0,001	0,00008	
таллий	0,0001	–	0,0001	0,0001	0,002	–	–	0,001	
свинец	0,03	0,01	0,03	0,01	0,015	0,01	0,01	0,005	
висмут	0,1	–	0,1	0,1	–	–	–	–	

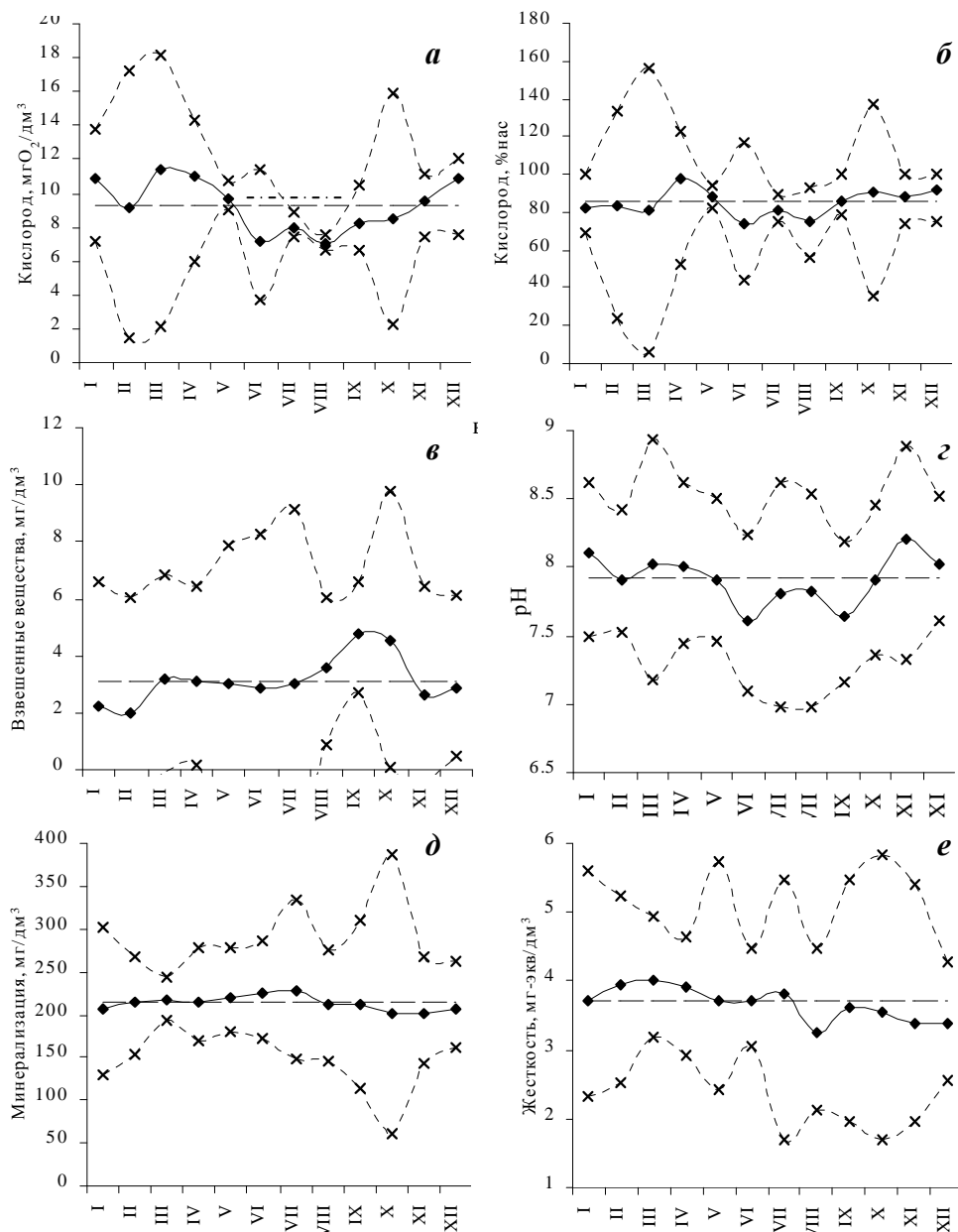


Рис. 1. Внутригодовая изменчивость показателей качества воды Чернореченского водохранилища в 1991 – 2004 гг.: растворенный кислород (а, б); взвешенные вещества (в); величина рН (г); минерализация (д); жесткость (е). Здесь и далее: — среднемесячное значение показателя; - - - границы доверительного интервала; ······ среднегодовое значение показателя.

в зимний и летний период, причем, в первом случае могут наблюдаться значения, характерные для начала гипоксии (менее 50 % насыщения). Такая ситуация свойственна для водоемов с ограниченной циркуляцией вод вследствие возникновения различных барьеров, препятствующих инвазии кислорода. В летний период минимум концентрации кислорода связан с его

интенсивным потреблением водными организмами. В остальные сезоны года значение показателя близко к его среднегодовому значению.

Таким образом, критическими периодами по содержанию растворенного кислорода являются зимний и летний периоды. И хотя по среднему значению показателя воды Чернореченского водохранилища соответствуют всем отечественным и международным нормативам, существует достаточно высокая вероятность развития гипоксии.

Взвешенные вещества. Годовой ход показателя характеризуется хорошо выраженной сезонной неоднородностью. Наиболее низкие значения характерны для осенне-зимнего периода, когда температура воды водохранилища подавляет развитие планктонных форм, которые определяют, в основном, и абсолютное значение показателя, а поступление абразивного материала с ливневыми водами еще незначительно. Вместе с тем, концентрация взвешенных веществ даже в этот период превышает нормируемую величину, предъявляемую к качеству поверхностных вод в Украине (табл.1). Большое содержание взвешенных веществ относится к характерным особенностям крымских рек западного склона Ай-Петринской яйлы [1], часть из которых унаследовало и Чернореченское водохранилище.

С марта по июль содержание взвешенных веществ в водах Чернореченского водохранилища остается практически постоянным (3 мг/дм^3), близким к среднесезонному значению, и только в июле-октябре наблюдается заметное увеличение показателя до 4 мг/дм^3 , связанное с сезонными вспышками развития водорослей, характерными также и для морских вод. Эти же периоды характеризуются значительной межгодовой неоднородностью. Так, из данных рис.1 видно, что максимальное значение показателя может увеличиваться в 2 – 3 раза по сравнению с характерным среднемесячным.

Водородный показатель (pH). В течение года среднемесячные значения показателя изменялись от 7,6 ед. рН (в июне) до 8,2 (в ноябре) и находились в пределах, нормируемых стандартами качества Украины и мирового сообщества. Внутригодовая изменчивость показателя связана с изменением буферных свойств воды и, в первую очередь, элементов карбонатной системы. В этом случае летний минимум может быть связан с интенсивным разложением органического вещества и продукцией CO_2 [13]. Высокое значение водородного показателя в марте и ноябре связано с хорошим насыщением воды кислородом (биологическим и абсорбционным) и, соответственно, с восстановлением карбонатной буферной системы.

Вместе с тем, максимальные значения показателя в марте и ноябре (верхняя граница доверительного интервала) в отдельных пробах могут превышать нормируемое значение.

Минерализация (сухой остаток). Максимальные среднемесячные значения показателя (до 230 мг/дм^3) характерны для весенне-летнего периода, когда в питании водохранилища преобладает доля подземных вод. Летний минимум минерализации, наблюдаемый с августа по октябрь, т.е. тогда, когда наблюдается максимум содержания взвешенных веществ, связан с переходом растворенных минеральных солей в живую форму и, соответственно, во взвешенное состояние. Этот механизм связан со способностью водоема к самоочищению от растворенных минеральных солей, многие из которых

являются токсичными. Кроме того, переход минеральных солей во взвешенное состояние и далее в донные отложения в ходе годового биологического цикла предотвращает процесс засоления водоема, характерного для многих водохранилищ.

По показателю минерализации в водах Чернореченского водохранилища случаев превышения нормируемой величины не наблюдалось.

Жесткость. Величина жесткости характеризует содержание в воде главных элементов карбонатной буферной системы природных вод – кальция и магния. Как и минерализация вод, жесткость имеет хорошо выраженный весенне-летний максимум, связанный с увеличением доли подземных вод. Дальнейшее снижение жесткости, с достижением минимума в июле - ноябре, связано с переходом солей кальция и магния в живую ткань.

Жесткость воды не нормируется в Украине для источников хозяйственно-питьевого водопользования. Среднее значение показателя находится ниже предельной величины, нормируемой для питьевых вод в Украине, РФ и в странах ЕС.

Сульфаты. Внутригодовая динамика показателя не имеет ярко выраженной сезонной составляющей. Среднемесячные значения, превышающие среднемноголетние значения, наблюдаются во все сезоны года, причем максимальное за год значение наблюдается в феврале – марте, т.е. в период наибольшей активизации паводковых явлений.

Наличие осеннего минимума (в ноябре – декабре) на кривой внутригодовой изменчивости показателя предполагает наличие разбавления вод ливневыми водами прямого выпадения, т.е. не промывающими водосборный бассейн. Такое предположение выглядит вполне обоснованным, если учесть, что в этот период значительная часть водосборного бассейна, расположенная в горах, покрыта снегом и не участвует в формировании состава питающих вод [5].

В течение года качество вод по содержанию сульфатов не выходит за рамки, регламентируемые национальными и международными стандартами качества вод.

Хлориды. Характеристики внутригодовой изменчивости показателя имеют параметры, аналогичные описанным ранее для сульфатов. Это позволяет предположить наличие общего источника и сходство процессов формирования качества вод по этому показателю. Таким процессом может быть ветровой перенос морских солей в виде аэрозолей, образующихся над поверхностью моря. Наибольшую интенсивность такой перенос имеет в зимний период, когда при преобладающих ветрах северо-западного и западного направления аэрозоли могут переноситься по каньону р.Черной до Байдарской долины и Чернореченского водохранилища.

Несмотря на влияние моря, качество вод Чернореченского водохранилища по содержанию хлоридов соответствует всем нормативам, приведенным в табл.1.

Фториды. Поступление фторидов в поверхностные воды контролируется атмосферным переносом и выщелачиванием горных пород. Характер внутригодовой изменчивости показателя в водах Чернореченского водохранилища позволяет предположить доминирующим второй процесс. Такое предположение основано на том, что максимум содержания фторидов наблюдается в

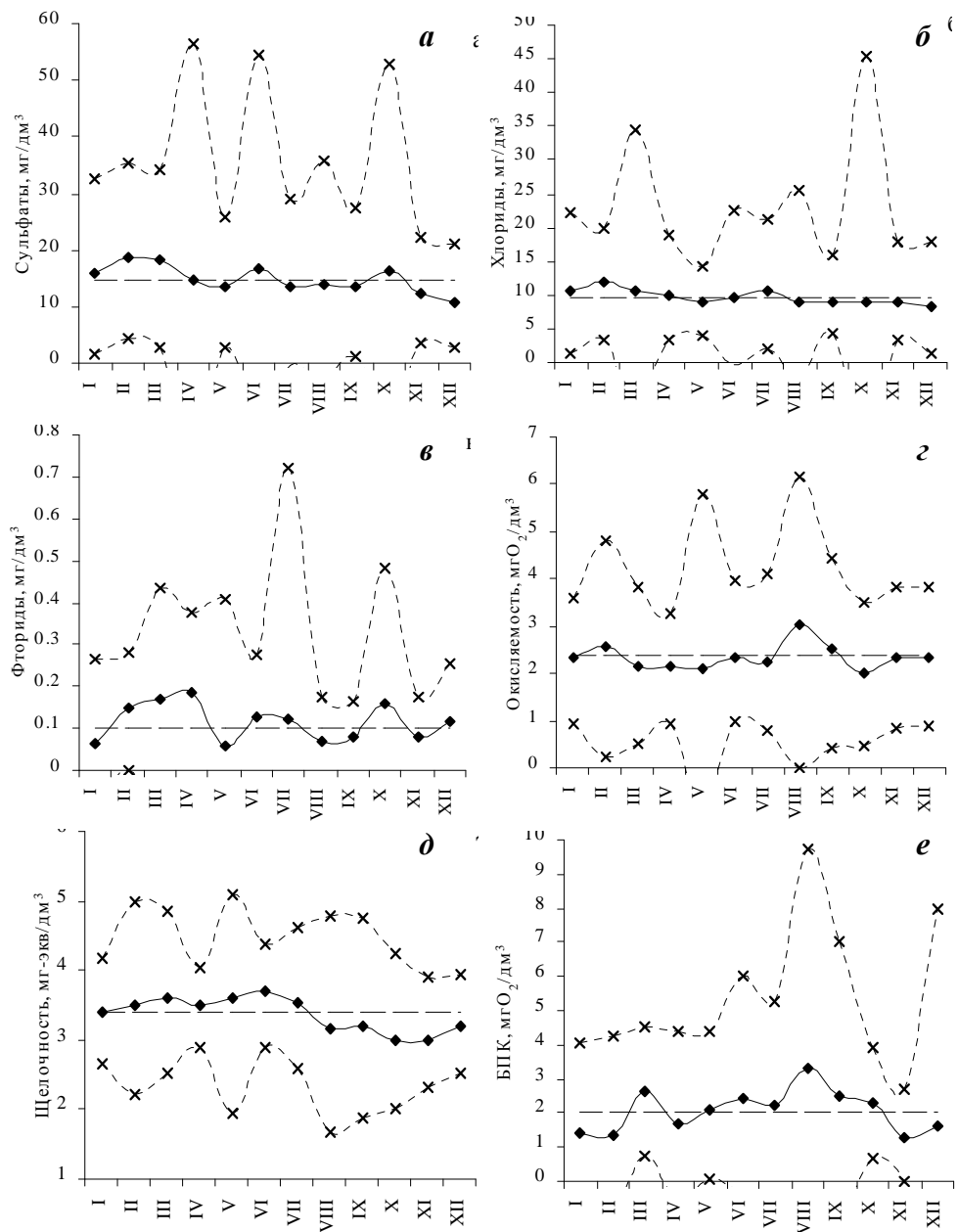


Рис. 2. Внутригодовая изменчивость показателей качества воды Черно-
реченского водохранилища в 1991 – 2004 гг.: сульфаты (а); хлориды (б);
фториды (в); окисляемость (г); щелочность (д); БПК (е).

феврале – апреле, т.е. в период приема паводковых вод. В дальнейшем их концентрация снижается в 2 – 3 раза, хотя на протяжении года возможно их резкое повышение до величин, наблюдаемых в весенний период.

Описанный характер внутригодовой изменчивости концентрации фторидов определяется их высокой склонностью к участию в реакциях комплексообразования. По-видимому, переход фторидов в комплексные соеди-

нения и их адсорбция на взвешенных частицах и является причиной снижения их концентрации в летне-осенний период.

Сравнение полученных данных с данными табл.1 показывает, что качество воды по этому показателю не превышает величины, нормируемой для вод хозяйственно-питьевого назначения Украины и международным нормативам.

Окисляемость. Величина окисляемости характеризует содержание легкоокисляемых органических веществ и некоторых неорганических восстановителей. Сезонный ход показателя имеет высокое сходство с описанным ранее ходом содержания взвешенных веществ, минерализации и жесткости. Максимальное значение показателя наблюдается в августе – сентябре и соответствует вспышке летнего цветения водорослей.

Средние значения показателя не превышают величин, нормируемых стандартами качества питьевых вод, однако максимальные значения могут, с высокой вероятностью, превысить величину, нормируемую в Украине, РФ и ЕС.

Щелочность. Внутригодовая изменчивость показателя имеет много общих черт с рассмотренными выше минерализацией и жесткостью воды. Среднемесячные значения, величины которых превышают средние за год, наблюдаются в течение первой половины года (с января по июль). Абсолютный годовой максимум ($3,7 \text{ мг-экв/дм}^3$) достигается в июне, что связано с максимумом поступления подземных минерализованных вод. Однако увеличение показателя наблюдается и в январе, когда доля подземного питания минимальна по отношению к поверхностному, и, следовательно, поступление компонентов буферной системы (карбонатов и гидрокарбонатов) происходит и при выщелачивании карбонатных горных пород в период прохождения паводков и промывке водосборного бассейна.

Характерным является и повышение щелочности в марте, в период весенней вспышки продуктивности вод. Связанное с этим периодом увеличение поступления углекислого газа способствует восстановлению буферных свойств воды через образование растворимого гидрокарбоната кальция. Это также объясняет увеличение жесткости воды в период с марта по апрель.

Летнее снижение щелочности связано с ростом температуры воды и с переходом растворимых солей кальция в состав клеток живых организмов. Минимум щелочности наблюдается в октябре и связан с интенсивной ветровой дегазацией вод при отсутствии поступления карбонатных пород с паводковыми водами.

По показателю щелочности качество воды нормируется только в ЕС и наблюдаемые в Чернореченском водохранилище величины (средние и вероятные границы их изменения) не превышают 15 % нормируемого значения (табл.1).

На основании рассмотренных выше показателей жесткости, щелочности и содержания главных анионов, воды Чернореченского водохранилища можно отнести ко второму типу пресных природных вод [14, 15]. Этот тип генетически связан с осадочными породами, продуктами выветривания коренных пород и характеризуется постоянной (не изменяющейся) жесткостью [14].

БПК. Качество вод Чернореченского водохранилища по этому показателю, на протяжении года варьирует в весьма существенных пределах: от 2,3 до $3,4 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. В целом, годовое изменение величины БПК хорошо согласуется с годичным биологическим циклом. Минимальные за год значе-

ния характерны для осенне-зимнего периода, когда интенсивность жизненных процессов угнетается понижением температуры. Первое увеличение значения показателя совпадает с началом биологической весны, когда повышение температуры воды в сочетании с поступлением биогенных элементов с паводковыми водами инициирует увеличение биомассы планктона. Дальнейшее снижение показателя обусловлено выработкой биогенных веществ и повышением температуры до значений, когда она перестает быть комфортной для весенних форм.

Очередное повышение значения показателя наблюдается в августе и связано с интенсивным цветением воды. Этому периоду предшествует период резкого увеличения концентрации нитратов, нитритов и аммонийного азота (рис.3, *a – e*). Отчасти, такое положение может быть отнесено на счет увеличения доли подземного питания в водном балансе водохранилища. Тем не менее, поступление различных форм азота, находящихся в разной степени окисления, не может быть описано действием только одного источника. Помимо поступления нитратов с минерализованными подземными водами, что также иллюстрируется увеличением минерализации в период с мая по июнь, в этот период значительное воздействие на качество воды оказывает дренирование грунтовых вод предприятий агропромышленного комплекса, расположенных вне охранной зоны водохранилища.

Величина БПК нормируется только в Украине (табл.1). Качество вод Чернореченского водохранилища на протяжении большей части года удовлетворяет требованиям СанПиН 4630-88, и только в августе среднее значение показателя превышает нормируемую величину. Верхняя граница доверительного интервала на протяжении практически всего года (за исключением осенних месяцев) лежит вне допустимой области, что свидетельствует о вполне вероятном ухудшении качества вод по БПК при неблагоприятном изменении техногенной нагрузки.

Нитраты. В течение года содержание нитратов в водах Чернореченского водохранилища изменяется в очень широких пределах: от 0 до 9 мг/дм³. Наиболее высокие значения показателя характерны для первой половины года, когда поступление нитратов обусловлено смывом с территории водосборного бассейна, нитрификацией и азотофиксацией. Летне-осенний минимум совпадает с максимумом биологической продуктивности водоема и связан с расходом нитратов в противоположном процессе (денитрификации) в условиях дефицита кислорода.

За весь период наблюдений качество вод Чернореченского водохранилища не выходило за рамки нормативов по содержанию нитратов в поверхностных водах Украины и других государств

Нитриты. Расходование нитратов в биологическом цикле приводит к увеличению концентраций продуктов их восстановления – нитритов и аммонийного азота. Поэтому внутригодовая динамика концентраций нитритов является практически полным зеркальным отражением динамики концентрации нитратов. На протяжении большей части года в водах Чернореченского водохранилища обнаруживаются лишь следовые концентрации нитритов. Наиболее низкие концентрации наблюдаются в ноябре-феврале и в мае. Оба минимума связаны, очевидно, с процессом денитрификации, в кото-

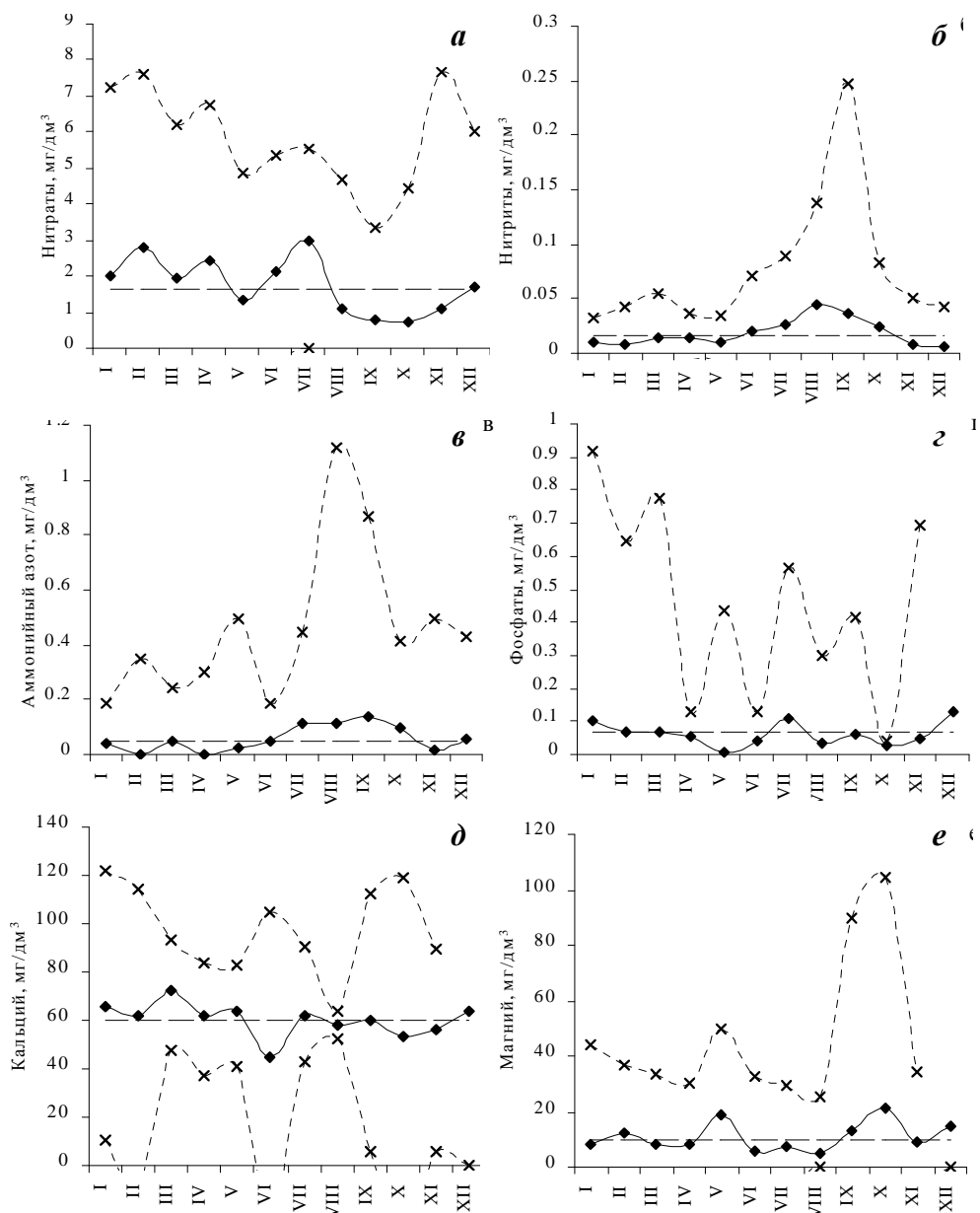


Рис. 3. Внутригодовая изменчивость показателей качества воды Чернореченского водохранилища в 1991 – 2004 гг.: нитраты (а); нитриты (б); аммонийный азот (в); фосфаты (з); кальций (д); магний (е).

ром участвуют все восстановленные формы азота (включая и органические формы), и нитриты в этом процессе являются лишь неустойчивой промежуточной формой.

Летне-осенний максимум приурочен к периоду, когда протекание противоположных процессов (денитрификации и нитрификации) делает рассматриваемую форму существования связанного азота достаточно устойчивой, и максимальные концентрации нитритов приближаются к значениям

концентрации нитратов. Этот вывод вполне закономерно вытекает из рассмотренных ранее закономерностей внутригодовой динамики растворенного кислорода, окисляемости и БПК.

Средние и максимальные концентрации нитритов в водах Чернореченского водохранилища за весь период наблюдений не превышали величины, нормируемой Украиной и международным сообществом.

Аммонийный азот. Показатели динамики концентраций аммонийного азота большую часть года аналогичны показателям, рассмотренным выше для нитритов. Исключение составляет период с декабря по январь, когда наблюдается всплеск концентрации аммонийного азота до её среднегодового значения. Наличие этого периода может быть объяснено техногенным поступлением аммонийного азота с сельхозпредприятий, расположенных в бассейне рек, питающих Чернореченское водохранилище.

В целом, качество вод водохранилища удовлетворяет нормативам качества поверхностных и питьевых вод в Украине. Однако, существует вероятность ухудшения обстановки по содержанию аммонийного азота до величин, превышающих норматив качества вод в странах ЕС.

Фосфаты. Содержание фосфатов является приоритетным показателем в ряду биогенных элементов при рассмотрении биологической продуктивности водоема и оценке степени его эвтрофикации. На протяжении года в водах Чернореченского водохранилища наблюдается несколько максимумов фосфатов, чередующихся со сравнительно более продолжительными периодами минимума. Первый максимум в декабре - январе, как и для аммонийного азота, связан с поступлением фосфатов с водами рек, питающих Чернореченское водохранилище, и, частично, с конверсией органических форм фосфора в неорганические.

Дальнейшее монотонное убывание концентрации фосфатов с достижением глубокого минимума в мае определяется их расходом в процессах жизнедеятельности водных организмов и переходом фосфатов в органическую форму.

Подобным образом можно объяснить дальнейшее изменение концентрации фосфатов. Действительно, повышение температуры в сочетании с повышением концентрации растворенного кислорода способствует более быстрой регенерации фосфатов, очередной максимум которых наблюдается в июне. Развитие летних форм жизни в водах Чернореченского водохранилища приводит к быстрому истощению запасов неорганических форм фосфора и, как следствие, угнетению развития водных форм в условиях фосфорного «голодания». В последующие периоды быстрой регенерации фосфора не происходит из-за низкой температуры воды и содержание фосфатов остается практически стабильным до начала очередного биологического цикла.

Содержание фосфатов не нормируется ни одним из государств и международных организаций, включая Украину. Поэтому этот показатель может рассматриваться только как индикатор протекающих биологических процессов и общего экологического состояния водного объекта. Замкнутый характер внутригодовой динамики показателя свидетельствует о хорошем состоянии экосистемы Чернореченского водохранилища и об отсутствии склонности к эвтрофикации его вод.

Кальций и магний. Как уже отмечалось, воды Чернореченского водохранилища по классификации О.А.Алекина относятся ко II-му типу гидрокарбонатных природных вод. Одной из отличительных черт этого типа вод является постоянство содержания солей жесткости. Действительно, содержание кальция и магния остается практически постоянным на протяжении всего года. Тем не менее, на кривой внутригодовой изменчивости показателя отмечается то, что изменение концентраций элементов находится в противофазе. В свою очередь, это свидетельствует о различии источников их поступления.

Наиболее высокие концентрации кальция наблюдаются в марте, т.е. в период наиболее интенсивного поступления талых вод. Минимальные концентрации кальция наблюдаются в июне и октябре, когда большой вклад оказывает приток грунтовых вод и ливневых вод прямого выпадения. Напротив, содержание магния в эти периоды проходит максимумы годовой изменчивости. Отмеченные особенности позволяют предположить наличие тенденций к изменению соотношения содержания солей жесткости в водах Чернореченского водохранилища.

Анализ межгодовой изменчивости концентраций элементов свидетельствует о наличии тенденции к уменьшению величины соотношения Ca/Mg . Совершенно очевидно, что это также свидетельствует о наличии негативной тенденции к увеличению доли грунтовых вод в водохранилище.

Содержание кальция и магния не нормируется в поверхностных и питьевых водах Украины. По средним значениям качество вод Чернореченского водохранилища удовлетворяет требованиям ЕС, однако границы доверительного интервала лежат вне нормируемой области.

СПАВ. Концентрация СПАВ в водах природных и искусственных водоемов характеризует степень техногенной нагрузки. Среднее значение показателя достоверно возрастает только в феврале, когда ксенобиотические поверхностно-активные вещества смываются с территории водосборного бассейна. Дальнейшее снижение показателя в марте совпадает с наступлением биологической весны и связано с биологической деструкцией СПАВ. Этим объясняется и наличие второго минимума в августе, в период интенсивного цветения воды. В остальные периоды года концентрация СПАВ близка к среднемноголетнему значению.

Содержание СПАВ не нормируется в Украине ни для источников централизованного водоснабжения, ни для питьевых вод. Только в РФ СПАВ нормируются для питьевых вод и по этому показателю вода Чернореченского водохранилища имеет вполне удовлетворительное качество.

Фенол. Концентрации фенола в водах р.Черной на ее предустьевом участке (~ 25 км от водосброса с Чернореченского водохранилища) не превышали установленных нормативов, совпадающих с нижним пределом обнаружения методом газожидкостной хроматографии ($0,001 \text{ мг/дм}^3$), ни в одной из отобранных проб, хотя наблюдения охватывали все сезоны (июль, сентябрь и декабрь 2003 г., март, июнь, сентябрь и декабрь 2004 г.). Отсутствии значимых концентраций фенола в водах р. Черной, даже в период весенних пропусков вод Чернореченского водохранилища, прямо указывает на удовлетворительное качество воды по этому показателю, нормируемому для источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в Украине и для питьевых вод в РФ (табл.1).

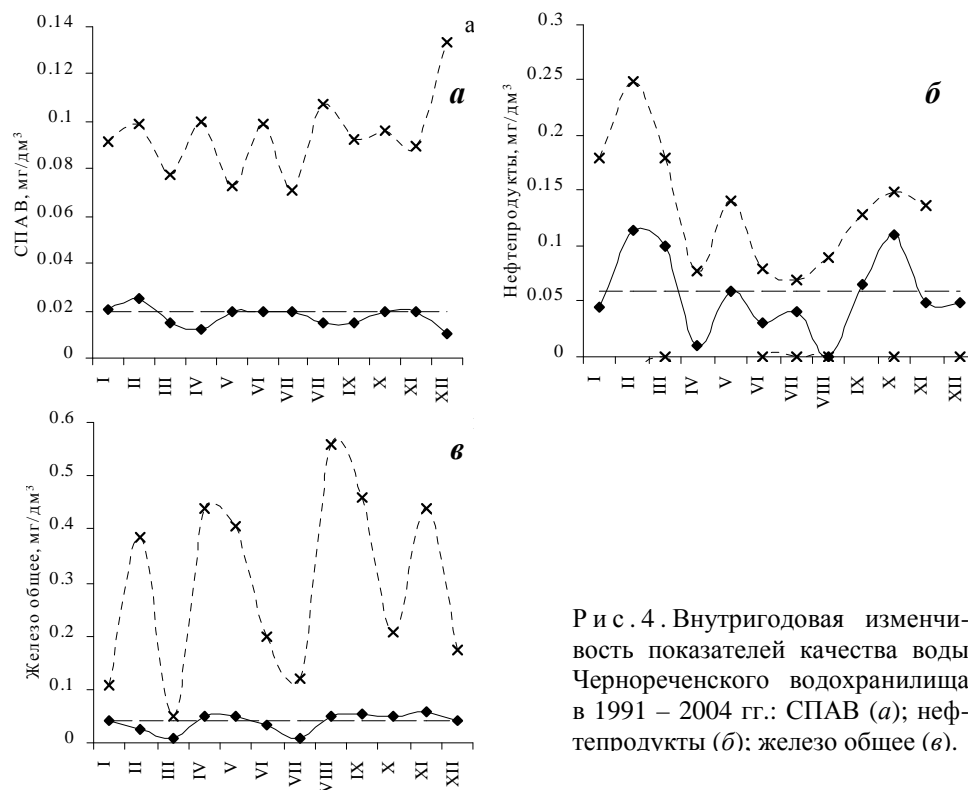


Рис. 4. Внутригодовая изменчивость показателей качества воды Чернореченского водохранилища в 1991 – 2004 гг.: СПАВ (а); нефтепродукты (б); железо общее (в).

Нефтепродукты. Также как и для СПАВ, загрязнение вод Чернореченского водохранилища нефтепродуктами, на протяжении года, отличается значительной неоднородностью. Максимум содержания нефтепродуктов наблюдается в весенний и осенний периоды, когда их поступление обусловлено промывкой дождевыми и паводковыми водами территории водосборного бассейна.

Летом содержание нефтепродуктов уменьшается за счет их биодеструкции и испарения. Характер внутригодовой динамики показателя свидетельствует об отсутствии негативного влияния поступающих нефтепродуктов на состояние экосистемы.

Тем не менее, качество воды по этому показателю остается низким. Загрязнение нефтепродуктами может наблюдаться в любой период года и это требует дополнительных мер по предотвращению загрязнения и очистке получаемой питьевой воды.

Железо. Высокая технофильность железа определяет его отнесение не к показателям микроэлементного состава, а к группе показателей, характеризующих техногенное воздействие. Снижение средних значений показателя в период прохождения весенних паводков, происходящее на фоне общего повышения минерализации, свидетельствует об отсутствии значимых природных и техногенных источников элемента в пределах водосборного бассейна водохранилища (металлоконструкций, железистых минералов и др.). Минимум концентрации железа в марте, совпадающий с максимумом БПК, связан с его потреблением в биологическом цикле.

Дальнейшее скачкообразное увеличение средних значений концентрации железа и поддержание их на одном уровне связано с увеличением доли питания подземными водами в водном балансе водохранилища. Однако минимум концентраций в июне свидетельствует о потреблении железа планктоном и высшими организмами и его переходе в нерастворимую форму с последующим выведением в донные осадки. Таким образом, для Чернореченского водохранилища содержание железа является показателем, лимитирующим развитие отдельных организмов и, следовательно, влияющим на структуру биоценоза в начале летнего периода. В пользу этого вывода свидетельствует и то, что среднее содержание железа в водах Чернореченского водохранилища в 3,0 – 3,5 раза меньше среднего содержания элемента в поверхностных водах.

Увеличение концентрации железа, наблюдаемое в августе, происходит на фоне снижения величины рН и увеличения окисляемости, что свидетельствует об интенсивном разложении биологических остатков в донных отложениях водохранилища и переходе железа в растворимое состояние, видимому в форме ионов двухвалентного железа. В пользу этого предположения свидетельствует то, что в период летнего цветения (август) содержание железа в водах Чернореченского водохранилища превышает среднегодовое значение и, таким образом, ионы железа не расходуются в жизненном цикле летних форм водных организмов. Такое поведение характерно именно для ионов двухвалентного железа или для комплексных соединений, плохо усваиваемых аэробными микроорганизмами [16, 17].

Качество вод Чернореченского водохранилища по среднему содержанию железа находится в пределах нормативов, действующих на территории Украины и других государств (табл. 1). Тем не менее, увеличение доли подземных вод в водохранилище в сочетании с уменьшением поверхностного стока может с высокой вероятностью ухудшить качество воды. К таким последствиям может привести хозяйственная деятельность на территории водосборного бассейна.

Микроэлементный состав. Из 28 микроэлементов, концентрации которых были определены в водах Чернореченского водохранилища, 21 элемент нормируются по ПДК в поверхностных и питьевых водах (содержание *Th* и *U* нормируется по суммарной активности изотопов). Таким образом, показатели микроэлементного состава существенно дополняют картину экологического состояния вод и позволяют судить о качестве вод источников наполнения водохранилища.

Приведенный выше анализ внутригодовой динамики показателей гидрхимического режима и загрязнения показал, что качество вод Чернореченского водохранилища претерпевает существенные изменения в течение года. Для большинства показателей характерна связь с климатической компонентой внутригодовой изменчивости и с преобладающей статьей поступления вод в водном балансе. Для компонентов микроэлементного состава, в силу их специфических особенностей, следует предположить существование еще более высокой изменчивости, как внутригодовой, так и межгодовой. Средние значения концентраций микроэлементов в водах Чернореченского водохранилища в период 1992 – 2004 гг. и характеристики их изменчивости приведены в табл.2.

Как видно из данных табл.2, содержание всех элементов в водах Чернореченского водохранилища может отклоняться от его среднего значения на величину, превышающую его в несколько раз. Наиболее высокой изменчивостью характеризуется содержание хрома и, вероятно, это может служить доказательством наличия техногенного воздействия. Однако, высокая динамичность концентраций редких и рассеянных элементов не позволяет определить техногенный источник как единственный или даже доминирующий источник поступления элементов.

Таким образом, в формировании микроэлементного состава следует признать существенными их поступление с минерализованными подземными водами, при выщелачивании горных пород, а также перенос с морскими аэрозолями. Кроме того, в этом процессе немаловажную роль играет круговорот элементов в воде Чернореченского водохранилища в ходе годового биологического цикла.

Имеющийся массив данных не охватывает все сезоны года и поэтому для показателей микроэлементного состава невозможно составить картину внутригодовой изменчивости. Тем не менее, массив результатов анализа включает в себя данные по пробам, отбировавшимся и анализировавшимся по показателям гидрохимического режима, параллельно с определением показателями микроэлементного состава. Корреляционный анализ массивов данных показателей гидрохимического режима и микроэлементного состава, за период 1992 – 2004 гг. представлен в табл.3.

Данные табл.3 позволяют оценить параметры и достоверность связи микроэлементного состава вод и гидрохимических показателей, а также определить тип сезонной и межгодовой изменчивости показателей. Обращает на себя внимание отсутствие достоверных параметров связи для легких элементов (бериллия и скандия), а также для хрома и кадмия, что позволяет

Т а б л и ц а 2. Средние значения концентрации микроэлементов, полуширина диапазона изменения значений при $P = 0,90$ и их отношение.

№ п/п	элемент	концентрация, нМ	$\pm \Delta$, нМ	Δ/C
1	<i>Be</i>	5,6	2,7	0,5
2	<i>Sc</i>	0,0026	0,0052	2,0
3	<i>Cr</i>	0,39	2,14	5,5
4	<i>Mn</i>	6,4	5,5	0,9
5	<i>Co</i>	3,1	2,2	0,7
6	<i>Ni</i>	32	22	0,7
7	<i>Cu</i>	26	21	0,8
8	<i>Zn</i>	61	100	1,6
9	<i>As</i>	3,74	3,38	0,9
10	<i>Se</i>	0,13	0,05	0,4
11	<i>Sr</i>	8200	8400	1,0
12	<i>Mo</i>	1,09	1,46	1,3
13	<i>Ag</i>	1,67	0,63	0,4
14	<i>Cd</i>	0,89	0,16	0,2
15	<i>Sn</i>	3,40	4,60	1,4
16	<i>Sb</i>	3,29	2,60	0,8
17	<i>Ba</i>	6,19	2,76	0,4
18	<i>La</i>	0,40	0,32	0,8
19	<i>Ce</i>	0,19	0,16	0,8
20	<i>Sm</i>	0,56	0,80	1,4
21	<i>Eu</i>	0,30	0,20	0,7
22	<i>Tb</i>	0,28	0,21	0,7
23	<i>Hf</i>	0,0066	0,007	1,0
24	<i>Au</i>	0,0058	0,0031	0,5
25	<i>Hg</i>	0,15	0,06	0,4
26	<i>Pb</i>	8,7	4,9	0,6
27	<i>Th</i>	0,017	0,009	0,5
28	<i>U</i>	0,027	0,011	0,4

Т а б л и ц а 3. Коэффициенты корреляции показателей гидрохимического режима и микроэлементного состава (достоверные значения подчеркнуты).

пок-тель	<i>Be</i>	<i>Sc</i>	<i>Cr</i>	<i>Mn</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>As</i>	<i>Se</i>	<i>Sr</i>	<i>Mo</i>	<i>Ag</i>	<i>Cd</i>
<i>O</i> ₂ , мг/дм ³	0,23	-0,35	-0,25	0,20	0,20	-0,37	-0,03	0,44	-0,14	0,23	0,28	0,07	-0,44	-0,24
<i>O</i> ₂ , % нас	0,19	-0,20	-0,53	0,01	0,19	-0,19	-0,25	0,54	-0,18	0,42	0,32	-0,23	-0,31	-0,25
взв. в-ва	0,21	-0,46	0,04	0,16	-0,23	-0,57	0,06	-0,33	-0,24	0,42	<u>0,67</u>	-0,09	-0,36	0,21
pH	0,29	0,40	-0,19	0,07	-0,17	-0,09	0,33	0,25	-0,53	-0,30	-0,37	0,42	-0,18	-0,34
мин-ция	0,03	0,32	-0,29	0,23	0,40	0,13	-0,07	0,22	-0,58	0,41	-0,35	0,33	-0,06	0,24
жесткость	0,06	0,09	-0,42	<u>0,66</u>	-0,17	<u>-0,62</u>	0,47	0,30	-0,55	0,34	0,26	0,04	<u>-0,68</u>	-0,22
щел-сть	0,51	0,24	-0,05	0,59	-0,49	<u>-0,90</u>	<u>0,72</u>	<u>0,65</u>	-0,20	0,26	0,17	<u>-0,67</u>	<u>-0,83</u>	0,00
БПК	-0,11	0,12	0,01	-0,46	0,19	<u>0,95</u>	-0,49	-0,06	0,10	-0,51	-0,31	-0,22	<u>0,83</u>	0,02
окисл-ть	-0,34	0,21	0,24	-0,25	0,46	0,44	-0,32	-0,41	-0,24	-0,06	<u>-0,67</u>	<u>0,90</u>	0,36	0,00
нитраты	-0,44	0,01	-0,27	<u>0,68</u>	0,44	-0,08	0,17	0,48	0,08	0,44	0,19	-0,25	-0,27	0,09
нитриты	0,22	-0,27	-0,07	-0,21	0,11	-0,24	-0,26	-0,29	-0,09	<u>0,61</u>	0,44	-0,25	-0,24	-0,08
амм.азот	-0,14	-0,21	-0,23	-0,20	0,19	-0,14	-0,21	-0,28	0,35	0,45	0,53	-0,42	-0,22	-0,55
фосфаты	0,60	-0,19	0,17	-0,28	-0,26	-0,59	0,11	-0,33	-0,46	0,01	-0,38	0,52	-0,32	-0,23
кальций	-0,57	-0,14	0,22	0,23	0,35	-0,06	-0,11	-0,54	0,37	-0,42	-0,55	0,10	-0,17	-0,28
магний	-0,48	-0,14	-0,24	0,01	0,15	-0,10	-0,37	-0,25	-0,19	-0,07	-0,46	-0,22	-0,36	<u>-0,73</u>
хлориды	-0,06	-0,51	0,05	-0,06	-0,01	-0,43	-0,35	-0,29	0,27	0,43	0,34	0,08	-0,15	0,25
сульфаты	-0,35	-0,11	-0,24	-0,19	0,12	<u>0,61</u>	-0,37	-0,40	0,02	-0,41	-0,06	0,45	<u>0,73</u>	0,36
железо	0,33	-0,44	0,14	-0,10	-0,21	<u>-0,64</u>	-0,15	-0,21	0,17	0,53	0,43	-0,22	-0,38	0,30
фториды	0,35	-0,07	-0,51	<u>0,64</u>	-0,06	<u>-0,74</u>	0,42	<u>0,87</u>	-0,14	0,56	0,52	<u>-0,62</u>	<u>-0,74</u>	0,00
СПАВ	-0,08	0,14	-0,51	<u>-0,05</u>	<u>0,66</u>	0,36	-0,21	0,13	-0,16	0,22	0,01	0,27	0,13	-0,15

пок-тель	<i>Sn</i>	<i>Sb</i>	<i>Ba</i>	<i>La</i>	<i>Ce</i>	<i>Sm</i>	<i>Eu</i>	<i>Tb</i>	<i>Hf</i>	<i>Au</i>	<i>Hg</i>	<i>Pb</i>	<i>Th</i>	<i>U</i>
<i>O</i> ₂ , мг/дм ³	-0,27	0,48	<u>0,61</u>	0,55	0,03	0,18	0,15	0,60	0,40	-0,35	-0,35	0,37	0,05	0,54
<i>O</i> ₂ , % нас	-0,36	0,49	0,27	0,33	-0,18	-0,03	-0,19	0,36	0,12	-0,19	-0,17	0,27	-0,13	0,31
взв. в-ва	-0,20	<u>0,62</u>	0,27	0,49	-0,29	-0,11	0,07	0,38	0,22	0,04	<u>-0,70</u>	0,25	-0,30	<u>0,73</u>
pH	-0,06	-0,08	0,20	0,09	0,42	0,33	0,18	0,18	0,19	-0,47	-0,03	<u>-0,62</u>	0,09	-0,06
мин-ция	0,27	-0,14	-0,13	0,08	0,12	0,06	0,34	-0,13	0,14	0,01	0,26	<u>-0,65</u>	-0,05	0,08
жесткость	0,26	0,42	0,59	<u>0,66</u>	0,23	0,40	<u>0,68</u>	0,56	0,58	-0,53	-0,54	-0,52	0,18	<u>0,65</u>
щел-сть	0,54	<u>0,74</u>	<u>0,73</u>	<u>0,80</u>	<u>0,63</u>	<u>0,76</u>	<u>0,68</u>	<u>0,80</u>	<u>0,62</u>	<u>-0,82</u>	<u>-0,85</u>	-0,13	<u>0,80</u>	0,32
БПК	-0,11	<u>-0,77</u>	<u>-0,61</u>	-0,51	-0,10	-0,32	-0,51	<u>-0,63</u>	-0,22	<u>0,63</u>	<u>0,92</u>	0,41	-0,13	<u>-0,80</u>
окисл-ть	-0,30	-0,38	-0,47	-0,34	-0,36	-0,47	-0,26	-0,59	-0,26	0,28	0,43	-0,42	<u>-0,70</u>	-0,26
нитраты	<u>0,70</u>	-0,08	0,27	0,35	0,11	0,24	<u>0,67</u>	0,04	0,41	-0,06	0,12	-0,01	0,29	0,13
нитриты	-0,26	<u>0,68</u>	-0,20	-0,17	-0,27	-0,06	-0,33	-0,02	-0,40	0,28	-0,44	-0,09	-0,09	0,59
амм.азот	-0,20	<u>0,71</u>	-0,25	-0,37	-0,35	-0,06	-0,48	-0,08	-0,54	0,30	-0,40	-0,06	0,12	0,49
фосфаты	-0,18	0,27	0,39	-0,27	<u>0,66</u>	<u>0,69</u>	0,10	0,43	-0,19	-0,40	<u>-0,71</u>	0,04	<u>0,70</u>	0,31
кальций	0,25	0,36	0,04	-0,22	-0,21	-0,04	0,10	0,20	-0,27	0,04	-0,31	0,27	0,37	0,40
магний	-0,13	0,58	0,25	-0,42	-0,12	0,11	-0,10	0,17	-0,44	-0,25	-0,40	0,01	0,44	0,46
хлориды	-0,23	0,48	0,20	0,12	-0,24	-0,16	0,07	0,15	-0,04	0,04	-0,53	0,22	-0,11	0,59
сульфаты	-0,16	<u>-0,63</u>	-0,33	-0,02	-0,40	<u>-0,64</u>	-0,24	-0,22	0,18	0,53	0,57	0,32	-0,46	-0,32
железо	-0,18	<u>0,71</u>	0,20	0,08	-0,09	0,05	-0,01	0,37	-0,23	-0,12	<u>-0,72</u>	0,23	0,04	0,59
фториды	<u>0,66</u>	<u>0,55</u>	<u>0,81</u>	<u>0,65</u>	<u>0,72</u>	<u>0,86</u>	<u>0,85</u>	<u>0,70</u>	<u>0,84</u>	<u>-0,60</u>	-0,56	-0,03	<u>0,97</u>	<u>0,76</u>
СПАВ	0,16	-0,10	-0,33	-0,31	0,01	0,02	-0,12	-0,26	-0,20	0,31	0,36	-0,30	0,01	-0,04

предположить отсутствие единых источников их поступления.

Для показателя мутности, минерализации, рН, окисляемости, нитритов, аммонийного азота, хлоридов и СПАВ характерно малое число связанных показателей микроэлементного состава. Отсутствие надежной связи микроэлементного состава с содержанием взвешенных веществ и минерализацией, по видимому, связано с отсутствием наблюдений в осенне-зимний период. Аналогичное заключение может быть сделано и для восстановленных форм азота.

Высокая корреляционная связь наблюдается для фторидов и элементов группы железа, лантанидов и актинидов. Такая особенность связана со склонностью перечисленных групп элементов участвовать в реакциях комплексообразования. При этом лантаниды и актиниды обладают способностью образовывать особенно прочные комплексы, обладающие высоким зарядом и, следовательно, склонные к адсорбции на взвешенных частицах. Это позволяет определить фторидные комплексы, как одну из возможных форм поступления перечисленных элементов в поверхностные воды Крыма и Черное море.

По содержанию микроэлементов воды Чернореченского водохранилища отвечают требованиям всех отечественных и международных нормативов. Верхняя граница доверительного интервала концентраций всех изученных микроэлементов (табл.2), также не превышает установленных нормативов.

Выводы. Оценка гидрохимического режима, загрязнения и микроэлементного состава вод Чернореченского водохранилища, выполненная на основании многолетнего мониторинга, показала:

1. Генетически воды водохранилища относятся к гидрокарбонатным водам, со смешанным питанием. Характерным для таких вод является близость значений щелочности и жесткости при низком содержании главных анионов (хлоридов и сульфатов).

2. Наиболее высокая сезонная изменчивость показателей гидрохимического режима характерна для элементов, участвующих в годовом биологическом цикле (растворенный кислород, связанные формы азота и фосфора, кальций, магний, железо) или характеризующих его (БПК, окисляемость, щелочность).

3. Для воды Чернореченского водохранилища характерно уменьшение соотношения Ca/Mg , что свидетельствует об изменении приходных статей в водном балансе водохранилища и об увеличении доли подземных вод.

4. По большинству показателей качество воды водохранилища отвечает требованиям нормативов, действующих в Украине и международным стандартам. Значения показателей, превышающих нормативы, характерны для взвешенных веществ, БПК и нефтепродуктов). Кроме того, по окисляемости, содержанию аммонийного азота и железа, существует высокая вероятность ухудшения качества воды в отдельные сезоны года.

5. Наиболее высокие показатели изменчивости качества наблюдаются в весенний период, при приеме паводковых вод, и в августе, в период интенсивного цветения.

6. Содержание микроэлементов имеет достоверные связи с параметрами гидрохимического режима и загрязнения, что свидетельствует о природном происхождении компонентов микроэлементного состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов А.А. Гидрография СССР.– Л.: Гидрометеиздат, 1952.– 280 с.
2. Описание состояния окружающей среды г.Евпатории // <http://www.ulrnc.org.ua/services/uevpatoriya/Report>.
3. Ильин Ю.П., Рябинин А.И., Салтыкова Л.В., Мальченко Ю.А. Содержание и изменчивость тяжелых металлов и других микроэлементов в поверхностных и подземных водах Крыма // Гидрология, гидрохимия, гидроэкология– 2003.– 2.– С.54-60.
4. Водные ресурсы Севастополя // <http://www.ecosecurity.iuf.net/water.html>.
5. Комплексная программа охраны окружающей природной среды, рационального использования природных ресурсов и экологической безопасности г.Севастополя на период до 2010 г.– Севастополь, 2001.– 317 с.
6. Рябинин А.И., Мальченко Ю.А., Салтыкова Л.В. и др. Содержание микроэлементов в морских водах у побережья южного Крыма в 1991 – 2000 гг. // Морской гидрофизический журнал.– 2003.– 5.– С.310-320.
7. СанПиН 4630-88 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. Утверждены главным Государственным санитарным врачом СССР 4.07.1988 г.
8. ДСанПиН Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання. Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України від 23.12.96 № 383.
9. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Утверждены главным Государственным санитарным врачом РФ 26.01.2001 г.
10. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Утверждены главным Государственным санитарным врачом РФ 27.04.03 г.
11. Перечень лимитирующих показателей питьевой воды // <http://www.akvacikl.com.ua/normativ.htm>
12. Кист А.А. Феноменология биогеохимии и бионеорганической химии.– Ташкент: Фан, 1987.– 236 с.
13. Артеменко В.М., Бадюков Д.Д., Иванов В.А., Кондратьев С.И. и др. Гидролого-гидрохимические особенности вод Чернореченского водохранилища в летний период // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003.– вып.8.– С.67-74.
14. Алекин О.А. Общая гидрохимия (химия природных вод).– Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1948.– 208 с.
15. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями.– Киев: СИМВОЛ-Т, 1998.– 28 с.
16. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции элементов в пресных поверхностных водах.– Л.: Гидрометеиздат, 1986.– 270 с.
17. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах.– М.: Мир, 1987.– 288 с.

Материал поступил в редакцию 06.05.2005 г.
После доработки 24.05.2005 г.