

УДК 54.02: 628.1: 631.67

А.Н. Якименко

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ КИЕВСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ
РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Институт агроэкологии и природопользования
НААН Украины, г. Киев

Определены уровни загрязнения воды Киевского водохранилища по показателям радиационной безопасности (суммарная бета-и альфа-активность). Установлено, что изменение данных показателей носит сезонный характер: максимальные значения наблюдаются в апреле, минимальные – в феврале. Проанализирована возможность использования Киевского водохранилища в качестве источника питьевой и поливной воды согласно действующим гигиеническим и экологическим нормативам.

Ключевые слова: Киевское водохранилище, качество воды, суммарная альфа-и бета-активность.

Введение. В середине XX столетия с целью решения основных водохозяйственных проблем было проведено комплексное освоение водных ресурсов р. Днепр на территории Украины. Создание каскада водохранилищ на Днестре не только улучшило судоходство и обеспечило выработку значительного количества дешевой энергии, но и дало возможность активно развивать промышленность и сельское хозяйство страны [1].

В результате аварии на Чернобыльской АЭС водохранилища Днепровского каскада подверглись существенному радиационному воздействию из-за выпадения атмосферных радиоактивных осадков и притока речных вод из радиоактивно загрязненных зон [2].

Киевское водохранилище (Киевское море), образованное в ноябре 1964 г. при сооружении плотины Киевской ГЭС на Днестре, расположено на территории Киевской и Черниговской областей Украины и Гомельской области Республики Беларусь. Площадь водоема – 925 км²,

© А.Н. Якименко, 2013

объем – 3,7 км³, длина – 110, наибольшая ширина – 12 км, средняя глубина – 4,1 м [3].

Это первое водохранилище из шести в Днепровском каскаде, наполнение которого осуществляется на 60% за счет Днепра и на 40% за счет вод Припяти. Другие малые реки, например Ирпень, Тетерев и Уж, составляют небольшую часть притока, которая колеблется в пределах 5% [4, 5].

На основании данных, полученных в [6, 7], радиационное состояние водных объектов бассейна Днепра в последние два десятилетия определялось преимущественно техногенными радионуклидами, которые смываются с водосборов, загрязненных в результате аварии.

Главным источником поступления радионуклидов в Киевское водохранилище остается р. Припять. Согласно данным [5, 8] Припятью, совместно с реками Уж и Брагинка, в 2009 г. было вынесено в Киевское водохранилище $0,61 \cdot 10^{12}$ Бк (16,6 Ки) ^{137}Cs и $1,75 \cdot 10^{12}$ Бк (47,4 Ки) ^{90}Sr . В общем за период с 1986 по 2009 гг. Припятью вынесено около $130 \cdot 10^{12}$ Бк ^{137}Cs и $170 \cdot 10^{12}$ Бк ^{90}Sr .

Определенный объем радионуклидов вносит и р. Верхний Днепр: в 2009 г. в створе с. Неданчичи вынос ^{137}Cs составлял $0,11 \cdot 10^{12}$, ^{90}Sr – $0,17 \cdot 10^{12}$ Бк [8]. Объем данного выноса в 6–10 раз ниже, чем у Припяти.

Вдоль береговой линии части водоема, находящегося на территории зоны усиленного радиоэкологического контроля, расположены 12 населенных пунктов Вышгородского района Киевской области, из которых были выбраны 6 сел с наибольшим количеством населения в качестве контрольных точек для наблюдения за радиоэкологическим состоянием воды Киевского моря [9].

В течение 27 лет, прошедших с момента аварии на Чернобыльской АЭС, основное внимание исследователей привлекала проблема содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в компонентах окружающей среды, в том числе и воде. Согласно [10–14] удельная активность данных радионуклидов в воде в 10–1000 раз ниже допустимых уровней [15].

В связи со сложностью проведения радиохимических анализов принято сначала определять интегральные показатели: суммарную альфа- и бета-активность. В случае превышения максимально допустимых значений проводят поэлементный радиохимический анализ. Поэтому, ориентируясь на мировые и национальные требования к источникам водоснабжения и питьевой воде [16–19], в качестве основных параметров оценки качества воды Киевского водохранилища, с

точки зрения радиационной безопасности, были выбраны указанные выше интегральные показатели.

Цель данной работы – изучение радиоэкологического состояния Киевского водохранилища и оценка соответствия качества воды государственным гигиеническим и экологическим нормативам.

Методика эксперимента. В качестве объекта исследования использовали усредненные пробы воды Киевского водохранилища. Пунктами наблюдения были выбраны 6 прибрежных населенных пунктов Киевской области: Глебовка, Хотяновка, Лебедевка, Лютеж, Новые Петровцы и Старые Петровцы.

Исследования проводили один раз в два месяца в течение 2010 – 2012 гг. Пробы отбирали на глубине 0,5 м [20, 21].

Суммарную альфа-активность измеряли на альфа-бета спектрометре Quantulus 1220 ("Wallac Oy", Финляндия). Погрешность измерения не превышала 10% [23, 24]. Пробы подготавливали согласно [22]. В термостойком стакане выпаривали 100 см³ воды до 2 – 3 см³, остаток переносили в пластиковую виалу объемом 20 см³. Общий объем пробы доводили дистиллированной водой до 12 см³, добавляли 8 см³ сцинтиллятора OptiPhase 'HighSafe'3.

В качестве стандарта при определении суммарной альфа-активности использовали радиоактивный стандартный раствор ²²⁶Ra с максимальным значением энергии альфа-излучения 4,78 МэВ.

Суммарную бета-активность определяли путем упаривания 1 дм³ воды до сухого остатка с последующим измерением на установке малого фона УМФ-1500М [25]. Погрешность измерения не превышала 20%. При этом скорость счета импульсов пробы сравнивали со скоростью счета от калибровочного образца – радиоактивного стандартного раствора ⁹⁰Sr и ⁹⁰Y с максимальными энергиями бета-излучения 0,55 и 2,28 МэВ.

Пробы воды объемом 2 дм³, отобранные в 6 точках наблюдения, смешивали, затем из усредненной пробы отбирали аликвоту, необходимую для каждого из анализов.

Результаты и их обсуждение. На рис. 1 представлены результаты измерений суммарной альфа- и бета-активности воды Киевского моря.

Согласно экспериментальным данным максимальные значения показателей радиационной безопасности ежегодно наблюдаются в апреле (см. рис. 1, а), что связано с поступлением радионуклидов с площадей водосбора вместе с талыми водами.

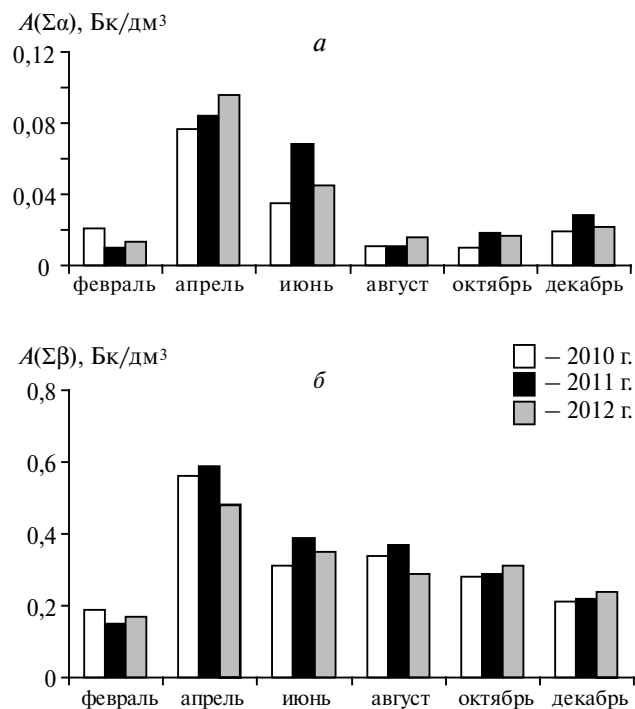


Рис. 1. Изменение показателей радиационной безопасности воды во времени: а – суммарная альфа-активность ($\Sigma\alpha$), б – суммарная бета-активность ($\Sigma\beta$).

Наибольшее значение суммарной альфа-активности наблюдалось в апреле 2012 г. и достигало $0,096 \pm 0,010$ Бк/дм³. Учитывая, что максимально допустимый уровень показателя составляет 0,100 Бк/дм³ [16], дополнительно отбирали пробы воды в течение апреля – мая 2012 г. (рис. 2).

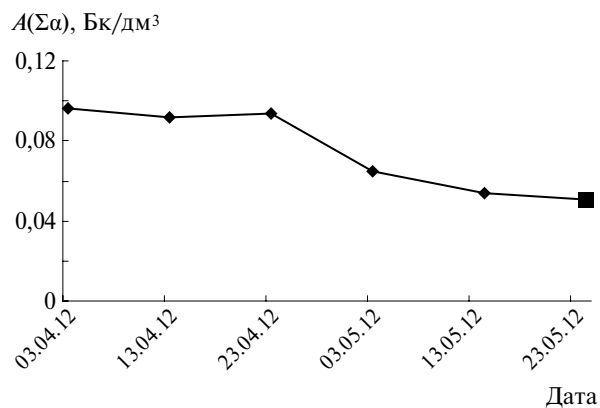


Рис. 2. Динамика суммарной альфа-активности при поступлении талых вод в 2012 г.

Как видно из рис. 2, высокий уровень суммарной альфа-активности наблюдался в течение всего апреля и убывал с его третьей декады и до конца мая пропорционально уменьшению притока радионуклидов со снеговыми водами с поверхности водосбора.

В то же время (в апреле – мае) увеличивались значения суммарной бета-активности вод (см. рис. 2). Наибольшее содержание бета-излучателей фиксировали в апреле 2011 г. – $0,59 \pm 0,11$ Бк/дм³, что, согласно [16], составляет 59% от максимально допустимого уровня загрязнения ($1,00$ Бк/дм³). Удельная активность ^{137}Cs в этот период составляла $0,10 \pm 0,02$, ^{90}Sr – $0,22 \pm 0,08$ Бк/дм³: соответственно 17 и 37% от суммарной бета-активности [13].

Минимальные значения показателей, $A_{\min}(\Sigma\alpha) = 0,010 \pm 0,001$ Бк/дм³ и $A_{\min}(\Sigma\beta) = 0,15 \pm 0,07$ Бк/дм³, наблюдались в феврале 2011 г. Также отмечалось снижение уровня радиационного загрязнения зимой в течение всего периода наблюдения.

Данная закономерность связана с тем, что с наступлением холодного периода года уменьшается плотность загрязнения поверхностных вод: снижается величина поступления радионуклидов с площадей водосборов, замедляются процессы биологического круговорота в водоеме и др. [26].

По полученным сведениям, радиационная обстановка на территории зоны усиленного радиоэкологического контроля Киевской области оставалась стабильной. Среднегодовые показатели радиационной безопасности в воде Киевского водохранилища имели постоянные значения за весь период наблюдений: суммарная альфа-активность изменялась в пределах $(0,029 - 0,037) \pm 0,003$, суммарная бета-активность – $(0,31 - 0,34) \pm 0,08$ Бк/дм³. Максимальные отклонения от средних значений составляли соответственно $\pm 0,004$ Бк/дм³ для альфа-активности и $\pm 0,02$ Бк/дм³ – для бета-активности.

Следует отметить, что указанные значения составляют около 30% от максимально допустимых уровней для источников питьевого водоснабжения и питьевой воды [16, 17]. Следовательно, Киевское водохранилище может быть использовано в качестве источника централизованного питьевого водоснабжения.

Согласно Водному кодексу Украины [27] качество воды, которая используется для орошения земель сельскохозяйственного назначения, должно отвечать установленным нормативам. Однако на текущий момент в национальных нормативных документах, регламентирующих

уровни загрязнения поливной воды [28, 29], отсутствуют численные значения показателей радиационной безопасности. При этом наличие радиоактивных веществ снижает качество поливной воды до второго класса.

Критерием высокого загрязнения поверхностных вод является уровень содержания радионуклидов в воде > 400 Бк/дм³ [30]. Учитывая, что уровни радиационного загрязнения воды Киевского водохранилища соответствуют нормам для источников питьевого водоснабжения и в десятки раз ниже критерия высокого загрязнения воды, можно судить о ее пригодности для орошения сельскохозяйственных угодий.

Выводы. Изучено радиоэкологическое состояние Киевского водохранилища по показателям суммарной альфа- и бета-активности воды. Обнаружены сезонные колебания уровней загрязнения с максимумом в апреле и минимумом в феврале. Значения суммарной альфа-активности находились в диапазоне 0,010 – 0,096, бета-активности – 0,15 – 0,59 Бк/дм³, что не превышает допустимых уровней загрязнения. Киевское водохранилище может использоваться как источник питьевой и поливной воды согласно требованиям национальных стандартов, а также гигиенических и экологических нормативов.

Резюме. Визначені рівні забруднення води Київського водосховища за показниками радіаційної безпеки: загальної альфа- та бета-активності. Встановлено, що зміна даних показників має сезонний характер: максимальні значення спостерігаються у квітні, мінімальні – у лютому. Проаналізовано можливість використання Київського водосховища як джерела питної та поливної води згідно діючих гігієнічних та екологічних нормативів.

A.N. Iakymenko

WATER QUALITY ASSESSMENT OF THE KIEV RESERVOIR BY RADIATION SAFETY INDICATORS

Summary

Water pollution levels of the Kiev reservoir in terms of radiation protection: gross beta activity and gross alpha activity have been identified. Change in

these parameters was seasonal: maximum values have been observed in April, the lowest – in February. The possibility of using the Kiev reservoir as a source of drinking and irrigation water according to current sanitation and ecological regulations has been analyzed.

Список использованной литературы

- [1] Денисова А.И., Тимченко В.М., Нахшина Е.П. и др. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ. – К.: Наук. думка, 1989. – 216 с.
- [2] Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление: двадцатилетний опыт / Докл. эксперт. группы "Экология" Чернобыльского форума. – Вена: МАГАТЭ, 2008. – 180 с.
- [3] Большая советская энциклопедия: В 33-х т. – М.: Сов. энцикл., 1969 – 1978. – Т.12. – С.137.
- [4] Грезе В.Н., Полицарпов Г.Г., Романенко В.Д. и др. Природа Украинской ССР. Моря и внутренние воды. – К.: Наук. думка, 1987. – 224 с.
- [5] Національна доповідь України / Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи: Безпека майбутнього. – К.: КІМ, 2011. – 346 с.
- [6] Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2010 р. – К.: МНС України, 2011. – 216 с.
- [7] Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2011 р. – К.: МНС України, 2012. – 360 с.
- [8] Вишневецький В.І. Ріка Дніпро. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2012. – 384 с.
- [9] Комплексний атлас Київської області. – К.: Картографія, 2009. – 79 с.
- [10] Войцехович О.В. 20 років Чорнобильської катастрофи: Погляду майбутне / Національна доповідь України. – К.: Атіка, 2006. – С. 16 – 29.
- [11] Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах / За ред. В.Д. Романенка. – К.: Наук. думка, 2010. – 262 с.
- [12] Гірій В.А. Закорчєвний В.О., Косовець О.О., Лебо Ю.Г. // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вип. 252. – С. 123 – 130.
- [13] Якименко Г.М. // Агроекол. журн. – 2012. – №1. – С. 85–88.
- [14] Кучма М.Д., Якименко Г.М. // Матеріали V Всеукр. наук.-практ. конф. (Яремче, 21 – 24 червня 2011 р.). – Яремче, 2011. – С. 219.
- [15] ГН 6.6.1.1–130–2006. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів цезію-137 та стронцію-90 у продуктах харчування та питній воді. – Введ. 03.05.2006.
- [16] ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила відбирання. – Введ. 01.01.11.

- [17] *ДСанПіН 2.2.4-171-10*. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. – Введ. 12.05.10.
- [18] *Водна* рамкова Директива 2000/60 ЄС. Основні терміни та їх визначення. – Введ. 23.10.2010.
- [19] *Директива 98/83/ЄС*. Стосовно якості води, призначеної для споживання людиною. – Введ. 03.11.1998.
- [20] *ДСТУ ISO 5667-4-2003*. Якість води. Відбирання проб. Ч. 4. Настанови щодо відбирання проб із природних та штучних озер. – Введ. 01.07.04.
- [21] *Настанова* гідрометеорологічним станціям і постам. Ч. 2. Спостереження за радіоактивним забрудненням поверхневих вод суші і морських вод. – К.: Держгідромет України, 2010. – Вип. 12. – 144 с.
- [22] *Методические* рекомендации. Подготовка проб природных вод для измерения суммарной альфа- и бета-активности. – М.: НПП "Доза", 1997. – 23 с.
- [23] *ДСТУ ISO 9696-2001*. Захист від радіації. Вимірювання альфа-активності у прісній воді. Метод концентрованого джерела. – Введ. 01.07.2003.
- [24] *ISO 9696:2007*. Water quality. Measurement of gross alpha activity in non-saline water. Thick source method. – Publ. 15.11.2007.
- [25] *МВВ № 081/12 0078 03*. Методика виконання вимірювань питомої бета-активності питної води та вод джерел водопостачання. – К., 2003. – 14 с.
- [26] *Методика* оценки экологического ущерба, нанесенного республике Беларусь радиоактивным загрязнением минерально-сырьевых и водных ресурсов. – Минск, 2000 – 47 с.
- [27] *Водний* кодекс України (ред. від 01.01.2008) // Вісн. Верховної Ради України. – 1995. – № 24. – 189 с.
- [28] *ДСТУ 2730 94*. Система стандартів у галузі охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання ресурсів. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. – Введ. 01.07.1995.
- [29] *ВНД 33 5.5 02 97*. Якість води для зрошення. Екологічні критерії. – Введ. 01.04.98.
- [30] *Єдине* міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод. – Затверд. наказом від 24.12.01, № 485.

Поступила в редакцію 14.12.2012 г.