

УДК 577.4: 504.4. 054:539.16

ОЦЕНКА «ФОНОВЫХ» КОНЦЕНТРАЦИЙ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОДЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Айдарханова А.К., Кумисханова С.Б., Ляхова О.Н., Глеуканов Е.Н.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

В работе приводятся данные по определению естественных (ЕРН) и искусственных (ИРН) радионуклидов в водах Восточно-Казахстанской области (ВКО). Объектами исследования являлись водные объекты различного типа: динамические – реки Иртыш, Бухтарма, Ульба, Шар и Аягоз и статические – Бухтарминское и Шульбинское водохранилища и озеро Зайсан. Показано, что концентрация ЕРН и ИРН в водах ВКО на 2–4 порядка ниже значений уровня вмешательства, установленных Гигиеническими нормативами Республики Казахстан.

ВВЕДЕНИЕ

Активная деятельность человека очень часто неблагоприятно сказывается на окружающем мире живой и неживой природы. В связи с развитием атомной энергетики, испытаниями ядерного оружия и другими видами антропогенной деятельности все более актуальной становится проблема радиационного загрязнения различных объектов окружающей среды, в том числе и водных сред.

Радиоактивность водной среды формируется радионуклидами естественного (ЕРН) и искусственного (ИРН) происхождения. Содержание ЕРН в воде может повышаться в результате сбросов и выбросов производственных предприятий (горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, цветной металлургии, угольной промышленности, предприятий по производству керамических изделий, минеральных удобрений и др.). Содержание ИРН в водных объектах может повышаться в результате радиационных аварий, а также вследствие сбросов и выбросов предприятий ядерной энергетики и др. [1, 2]

Одним из способов контроля за содержанием радионуклидов в водной среде является радиэкологический мониторинг водной среды – система постоянного наблюдения и контроля наличия и степени загрязнения радионуклидами природных вод. Согласно нормативным документам [3, 4] важнейшей и неотъемлемой частью при проведении мониторинга является определение локальных «фоновых» концентраций радионуклидов. Сравнение результатов радиационных измерений с результатами определения фоновых значений позволяет установить неблагоприятные тенденции в изменении качества окружающей среды, построить прогноз развития данных изменений и, в случае необходимости, выработать соответствующие управленческие решения, направленные на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Использование значений фоновых концентраций радионуклидов для качественной оценки характера радионуклидного загрязнения водных объектов отражено в различных научно-исследовательских работах. Так, например, при изучении закономерности поведения ^{90}Sr и ^{137}Cs в озерных экосистемах Восточ-

но-Уральского радиоактивного следа, образовавшегося в результате радиационной аварии, значения удельной активности радионуклидов сравнивались с фоновыми уровнями, полученными в ходе выполнения работ [5, 6]. Пример использования значений фоновых концентраций радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде при работе атомных электростанций приведен в работе [7].

Тем не менее, значения фоновых концентраций радионуклидов в воде водных объектов, определенные в рамках каких-либо научно-исследовательских, мониторинговых работ, имеют территориальную привязку и не могут быть применены для других территорий.

Таким образом, для проведения корректной оценки радионуклидного загрязнения при мониторинговых исследованиях водных объектов Восточно-Казахстанской области (ВКО) необходимо определение фоновых концентраций, характерных для данной территории.

ВКО относится к наиболее обеспеченному водными ресурсами региону Республики Казахстан, что определено ее природно-климатическими условиями. Водный фонд области включает реки, озера, болота, пруды и водохранилища, подземные воды и ледники [8, 9]. Центральное место в гидрографической сети области занимает трансграничная река Иртыш, которая протекает по территории трех государств Китая, Казахстана и России и является водным объектом особого государственного значения.

Восточный Казахстан – это крупный промышленный центр, где базовой отраслью экономики является цветная металлургия. Деятельность горнодобывающих, горно-обогачительных, металлургических и машиностроительных предприятий, а также сточные воды крупных городов, включая Усть-Каменогорск и Семей, могут оказывать существенное влияние на техногенное загрязнение водной среды на территории самой области, и далеко за ее пределами.

На загрязнение искусственными радионуклидами водной среды ВКО существенное влияние могли оказать испытания ядерного оружия, проводившиеся на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП): часть следов от ядерных испытаний проходит в об-

ласти водосбора бассейна реки Иртыш. Основное опасение, с точки зрения возможно радиоактивного загрязнения, вызывает река Шаган, которая проходит по территории СИП и впадает в реку Иртыш [10]. В настоящее время основным радионуклидным загрязнителем вод реки Шаган является тритий (^3H). Ранее установлено, что источником тритиевого загрязнения поверхностных вод служат подземные воды, поступающие в русло реки Шаган с площадки «Балапан», где проводились подземные ядерные испытания в вертикальных скважинах [11].

Многочисленные исследования состояния водной среды ВКО связаны с определением химических показателей и содержанием тяжелых металлов в воде [12–16]. По данным «Казгидромет», водный фонд ВКО в большей степени имеет «умеренный и высокий уровень загрязнения» по химическим показателям: превышение ПДК по содержанию сульфатов SO_4^{2-} , нитритов NO_2^- , аммония NH_4^+ , и некоторых тяжелых металлов (Cu, Zn, Mn) [17]. Однако радиационные показатели водных объектов ВКО изучены слабо, достоверной информации об уровнях содержания радионуклидов в водах данного региона практически нет. Лишь в работе Липихиной А.В. [18] приводятся данные о содержании ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{238}U и ^{137}Cs в питьевой воде населенных пунктов г. Усть-Каменогорск и пос. Глубокое.

Анализ перечня наиболее опасных радионуклидов, которые могут содержаться в воде на данной территории, показал необходимость исследования фоновых концентраций ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{210}Po , ^{238}U , ^3H , ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$, что и является целью данной работы.

1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Объекты исследования

Для определения фоновых концентраций ЕРН и ИРН в водах ВКО исследованы водные объекты различного типа: динамические – реки Иртыш, Бухтарма, Ульба, Шар и Аягос и статические – Бухтарминское и Шульбинское водохранилища и озеро Зайсан.

Река Иртыш является одной из важнейших водных артерий Казахстана, в зоне которой проживает более 2,5 миллиона человек. Река Иртыш является трансграничной, ее длина составляет 4248 км, в пределах Казахстана – 1698 км, общая площадь водосбора – 1643 тыс. км². В бассейне Иртыша насчитывается более 700 притоков, из которых 4 крупных реки (Бухтарма, Уба, Курчум и Ульба) протяженностью более 200 км, остальные относятся к категории малых рек с общей протяженностью 17,7 тыс. км. К правобережным притокам Иртыша (помимо указанных 4 крупных рек) относятся реки Южного Алтая с меньшей водностью, наиболее крупные из которых – Каба, Алкабек, Кальджир, Нарым. Ещё меньшей водностью отличаются реки левобережья Иртыша, особенно Зайсанской котловины – Кендерлык, Уйдене, Кандысу, Большая Буконь, Чар, Кокпекты.

Сток реки Иртыш зарегулирован каскадом водохранилищ – Бухтарминское, Усть-Каменогорское и Шульбинское [19, 20]. Река обеспечивает водой население и хозяйство не только в пределах своего бассейна, но и большую территорию маловодного Центрального Казахстана через канал Иртыш-Караганда.

Река Бухтарма – крупнейший приток Иртыша длиной 405 км, впадает в Бухтарминское водохранилище. В её бассейне учтено 124 реки суммарной длиной 2919 км. В верховьях Бухтарма – горная река, текущая в узкой долине, в низовьях характер течения более спокойный [21].

Река Ульба является правым притоком реки Иртыш, протяженностью 98 км, в бассейне учтено 44 реки общей длиной 1014 км, в том числе река Малая Ульба, протяженностью 111 км. Образуется при слиянии рек Громотуха, Филипповка, Быструха и Тихая, впадает в Иртыш в г. Усть-Каменогорске [22].

Река Шар является левым притоком Иртыша, длиной 230 км. Протекает через Кокпектинский и Жарминский районы области. Исток реки находится в 20 км севернее села Кокпекты, устье – в 12 км западнее посёлка Шульбинск. На реке расположено Чарское водохранилище, а также подпитываемое рекой рукотворное Чарское озеро [23].

Река Аягос длиной 492 км – самая северная из 7 рек, давших название Семиреченскому краю. Река берёт начало с северного хребта Тарбагатай, сначала протекает по горной местности, далее, ниже города Аягос – по полупустынной местности. Воды реки достигают восточной части озера Балхаш [24].

Бухтарминское водохранилище – крупнейшее в Казахстане, входит в пятёрку крупнейших искусственных водоёмов мира. Водоохранилище образовано плотиной Бухтарминской ГЭС на реке Иртыш, занимает большую часть Бухтарминской впадины. Площадь водохранилища – 5490 км², длина – 425 км, наибольшая ширина – 35 км, средняя глубина 9,6 м [25].

Шульбинское водохранилище – водохранилище, образованное плотиной Шульбинской ГЭС на реке Иртыш. Площадь водохранилища – 255 км², длина – около 53 км, наибольшая ширина – 6 км [26].

Озеро Зайсан – самое большое озеро в ВКО, расположено в тектонической межгорной впадине, заключенной между горными хребтами Алтайским, Калбинским и Тарбагатайским. Озеро проточное, в него впадают реки: Черный Иртыш, Кокпекты, Жарма, Кендирлик и другие, а вытекает одна река – Иртыш. Озеро находится на высоте 386 м, его длина 105 км, а ширина – изменяется в пределах от 22 до 48 км, максимальная глубина 15 м [27, 28].

Расположение исследованных водных объектов и точки отбора проб воды представлены на рисунке. Точки отбора проб воды выбирались на некотором расстоянии от населенного пункта, для рек – до прохождения через населенный пункт, т.е. в месте наименьшего антропогенного воздействия.

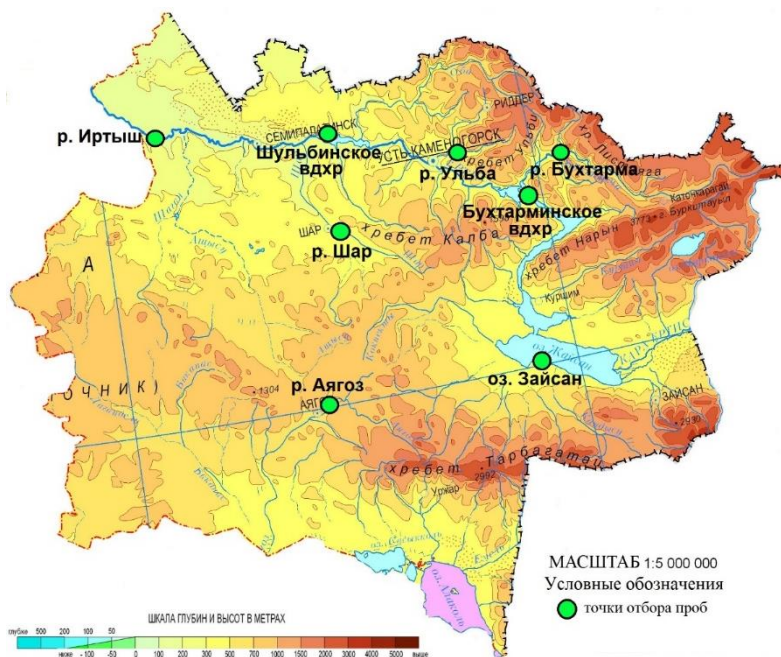


Рисунок. Расположение водных объектов ВКО и точки отбора проб

1.2 Методы определения фоновых концентраций ЕРН и ИРН в воде

Предварительно, для получения общей характеристики водных объектов, проведено изучение общего химического состава вод с использованием стандартных методик [29]: уровень pH, степень минерализации и жесткости, макрокомпоненты основного состава (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-}).

При определении фоновых концентраций ЕРН и ИРН в воде необходимо применение методических подходов, которые позволяют понизить предел обнаружения удельной активности исследуемых радионуклидов, т.е. повысить чувствительность применяемого метода. Для этих целей в мировой практике используются методы концентрирования и разделения определяемых компонентов и их комбинации. Также для этих целей можно увеличить объем анализируемого образца.

Для определения ЕРН ^{40}K , ^{232}Th и ^{226}Ra в воде использовался физический метод предварительного концентрирования – выпаривание из больших объемов пробы, который применим для образцов воды с низким содержанием солей и направлен на концентрирование радионуклидов в минимальном объеме. Объемом проб воды для анализа составлял 100 л, каждая из которых выпаривалась до сухого остатка. Удельная активность радионуклидов в сухом остатке определялась при помощи гамма-спектрометрического метода.

Определение содержания ^{210}Po проводилось из пробы воды объемом 1,5 л, после радиохимического выделения и автоосаждения на медные диски альфа-спектрометрическим методом.

Для определения низких концентраций ^{238}U в пробах воды использовался метод анализа на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой *ICP MASS Spectrometer ELAN 9000*, который позволяет проводить анализ ультраследового содержания элементов.

Оценка содержания ^3H , включающая подготовку проб воды методом дистилляции и бета-спектрометрический анализ, проводилась в соответствии с международным стандартом [30]. Для определения удельной активности ^3H использовался низкофоновый радиометр альфа-, бета-излучения *SL-300* фирмы *Hidex*.

При определении содержания в воде $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr и ^{137}Cs для повышения чувствительности применяемой методики объем пробы воды также увеличили до 100 л. В процессе подготовки пробы применили двухстадийное концентрирование, основанное на физическом концентрировании (выпаривании) проб с объема 100 л до 10 л, и дальнейшем концентрировании радионуклидов методом последовательного соосаждения. Определение содержания $^{239+240}\text{Pu}$ проводилось альфа-спектрометрическим методом после предварительного концентрирования методом соосаждения с гидроксидом железа (III), экстракционно-хроматографического выделения и электролитического осаждения. Определение содержания ^{90}Sr выполняется по дочернему ^{90}Y бета-спектрометрическим методом после предварительного концентрирования методом соосаждения с карбонатом кальция и радиохимического выделения. Определение содержания ^{137}Cs проводится гамма-спектрометрическим методом после предварительного концентрирования методом соосаждения с гексацианоферратом (II) меди.

**ОЦЕНКА «ФОНОВЫХ» КОНЦЕНТРАЦИЙ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ
В ВОДЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

2 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты определения химического состава вод исследуемых объектов представлены в таблице 1.

Анализ химического состава вод в изученных водных объектах ВКО показал, что воды по уровню рН являются нейтральными (6,5–7,5), по степени минерализации – пресными, по степени жесткости воды реки Бухтармы, Бухтарминского и Шульбинского водохранилищ – очень мягкими, реки Иртыш и озера Зайсан – мягкими, рек Ульба, Шар и Аягоз – средней жесткости. По катионно-анионному составу воды исследуемых объектов относятся к гидрокарбонатному

классу, группе кальция: доминирующим анионом является гидрокарбонат-ион, на долю которого приходится более 90% экв. анионов; среди катионов преобладает кальций, составляя 70–80% экв. от общей суммы катионов. Все воды по определенным химическим показателям пригодны для использования в хозяйственных целях, согласно Санитарным правилам, установленным в Республике Казахстан [31].

Результаты определения фоновых концентраций ЕРН (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{210}Po , ^{238}U) и ИРН (^3H , ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$) в воде представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 1. Химический состав воды водных объектов ВКО

| № пп | Место отбора | рН | Минерализация, мг/дм ³ | Жесткость, ммоль/дм ³ | Содержание катионов, мг/дм ³ | | | Содержание анионов, мг/дм ³ | | |
|------|---------------------|-----|-----------------------------------|----------------------------------|---|------------------|------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|
| | | | | | Na+K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Cl ⁻ | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ |
| 1 | р. Иртыш | 6,8 | 160 | 2,0 | 10 | 35 | 10 | 10 | 80 | 15 |
| 2 | р. Бухтарма | 7,5 | 60 | 0,8 | 2,0 | 10 | 2,0 | 10 | 35 | 0 |
| 3 | р. Ульба | 7,0 | 240 | 5,0 | 5,0 | 45 | 10 | 30 | 120 | 30 |
| 4 | р. Шар | 7,0 | 380 | 7,0 | 10 | 75 | 40 | 50 | 150 | 55 |
| 5 | р. Аягоз | 6,5 | 450 | 6,5 | 40 | 80 | 30 | 70 | 150 | 80 |
| 6 | Бухтарминское вдхр. | 7,0 | 155 | 1,0 | 15 | 20 | 5,0 | 15 | 80 | 20 |
| 7 | Шульбинское вдхр. | 7,0 | 145 | 1,5 | 10 | 15 | 10 | 20 | 60 | 30 |
| 8 | оз. Зайсан | 7,5 | 250 | 2,3 | 25 | 30 | 10 | 60 | 100 | 25 |

Таблица 2. Содержание ЕРН в воде

| Место отбора | Удельная активность, Бк/кг | | | | |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | ^{40}K | ^{232}Th | ^{226}Ra | ^{210}Po | ^{238}U |
| р. Иртыш | 0,10±0,01 | <5,0·10 ⁻³ | <3,5·10 ⁻³ | (2,8±0,5)·10 ⁻³ | (1,6±0,1)·10 ⁻² |
| р. Бухтарма | 0,85±0,09 | <6,0·10 ⁻³ | <3,5·10 ⁻³ | (7,6±2,1)·10 ⁻⁴ | (3,8±0,25)·10 ⁻³ |
| р. Ульба | <2,0·10 ⁻² | <2,5·10 ⁻³ | <3,0·10 ⁻³ | (2,2±0,2)·10 ⁻³ | (1,3±0,1)·10 ⁻² |
| р. Шар | <5,0·10 ⁻² | <5,0·10 ⁻³ | <3,5·10 ⁻³ | <1,1·10 ⁻⁴ | (6,0±0,9)·10 ⁻² |
| р. Аягоз | <4,5·10 ⁻² | <5,0·10 ⁻³ | <3,5·10 ⁻³ | (1,4±0,6)·10 ⁻⁴ | (9,9±0,7)·10 ⁻² |
| Бухтарминское вдхр. | <4,0·10 ⁻² | <3,0·10 ⁻³ | <3,0·10 ⁻³ | (3,5±1,2)·10 ⁻⁴ | (8,8±1,1)·10 ⁻³ |
| Шульбинское вдхр. | <6,5·10 ⁻² | <6,0·10 ⁻³ | <3,0·10 ⁻³ | (2,9±1,1)·10 ⁻⁴ | (1,4±0,1)·10 ⁻² |
| оз. Зайсан | 0,9±0,1 | <7,0·10 ⁻³ | <4,0·10 ⁻³ | <1,8·10 ⁻⁵ | (3,8±0,3)·10 ⁻² |
| Уровень вмешательства | — | 0,6 | 0,49 | 0,11 | 3 |

Таблица 3. Содержание ИРН в воде

| Место отбора | Удельная активность, Бк/кг | | | |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| | ^3H | ^{137}Cs | ^{90}Sr | $^{239+240}\text{Pu}$ |
| р. Иртыш | <4 | <2,0·10 ⁻³ | (6,0±0,3)·10 ⁻³ | <1,4·10 ⁻⁴ |
| р. Бухтарма | <4 | <1,0·10 ⁻³ | <3,0·10 ⁻³ | <9,9·10 ⁻⁶ |
| р. Ульба | <4 | <1,0·10 ⁻³ | <3,0·10 ⁻³ | (4,8±2,5)·10 ⁻⁵ |
| р. Шар | <4 | <1,0·10 ⁻³ | <4,0·10 ⁻³ | (1,2±0,5)·10 ⁻⁴ |
| р. Аягоз | <4 | <1,0·10 ⁻³ | <4,0·10 ⁻³ | <1,2·10 ⁻⁵ |
| Бухтарминское вдхр. | <4 | <2,0·10 ⁻³ | <3,0·10 ⁻³ | <1,5·10 ⁻⁴ |
| Шульбинское вдхр. | <4 | <1,0·10 ⁻³ | (1,8±0,3)·10 ⁻³ | <9,5·10 ⁻⁵ |
| оз. Зайсан | <4 | <1,0·10 ⁻³ | <3,0·10 ⁻³ | <1,5·10 ⁻⁵ |
| Уровень вмешательства | 7600 | 11 | 4,9 | 0,55 |

Таким образом, фоновые концентрации ЕРН и ИРН в воде водных объектов ВКО составляют: для ^{40}K от $<2,0 \cdot 10^{-2}$ до $0,9 \pm 0,09$ Бк/кг, для ^{232}Th – $<7,0 \cdot 10^{-3}$ Бк/кг, для ^{226}Ra – $<3,0 \cdot 10^{-3}$ Бк/кг, для ^{210}Po от $<1,8 \cdot 10^{-5}$ до $(2,8 \pm 0,5) \cdot 10^{-3}$ Бк/кг, для ^{238}U от $(3,8 \pm 0,25) \cdot 10^{-3}$ до $(9,9 \pm 0,68) \cdot 10^{-2}$ Бк/кг (содержится в $(7,9 \pm 0,54) \cdot 10^{-6}$ г/л), для ^3H – <4 Бк/кг, для ^{137}Cs – $<2,0 \cdot 10^{-3}$ Бк/кг, для ^{90}Sr от $<3,0 \cdot 10^{-3}$ до $(6,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$ Бк/кг, для $^{239+240}\text{Pu}$ от $<9,9 \cdot 10^{-6}$ до $(1,2 \pm 0,5) \cdot 10^{-4}$ Бк/кг. Полученные данные по фоновым концентрациям ЕРН и ИРН в воде на 2–4 порядка ниже уровня вмешательства, согласно Гигиеническим нормативам, установленным в Республике Казахстан [32].

Согласно литературным данным, фоновые концентрации ЕРН в континентальных водах (водах рек и озер) лежат в пределах для ^{40}K от $3,7 \cdot 10^{-2}$ до $0,6$ Бк/л, для ^{232}Th от $8,0 \cdot 10^{-6}$ до $2 \cdot 10^{-3}$ Бк/л, для ^{226}Ra – от $9,2 \cdot 10^{-3}$ до $7,4 \cdot 10^{-2}$ Бк/л, для ^{210}Po от $1,9 \cdot 10^{-4}$ до $3,7 \cdot 10^{-3}$ Бк/л, для ^{238}U – от $2,0 \cdot 10^{-8}$ до $5,0 \cdot 10^{-5}$ г/л [1]. Фоновые концентрации ИРН для ^3H находится на уровне от 2 до 4 Бк/л, для ^{90}Sr от $4 \cdot 10^{-3}$ до $10 \cdot 10^{-3}$ Бк/л и для ^{137}Cs от $10 \cdot 10^{-3}$ до $20 \cdot 10^{-3}$ Бк/л [33]. Полученные данные по фоновым концентрациям ЕРН и ИРН в водах ВКО входят в пределы, полученные для континентальных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекман И.Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия: учебник для бакалавриата и магистратуры. М.: Издательство Юрайт, 2018. – С. 246–278.
2. Бадрутдинов О.Р., Тюменев Р.С., Шуралев Э.А., Мукминов М.Н. Радиоактивность экосистем. – Казань: Казан. ун-т, 2017. – С. 20–36.
3. Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты. Руководство по безопасности. № RS-G-1.8. МАГАТЭ. Вена, 2016 – 147 с.
4. Зона наблюдения радиационного объекта. Организация и проведение радиационного контроля окружающей среды МР 2.6.1.27-2003 Методические рекомендации, 2003 – 68 с.
5. Левина С.Г. Особенности аккумуляции долгоживущих радионуклидов и микроэлементов в почвах водосборных территорий озера Большой и Малый Игиш в поставарийный период (средняя часть ВУРСа) / С.Г. Левина, А.В. Аксеев, В.В. Дерягин, В.Н. Удачин, Г.Г. Корман // Вопросы радиационной безопасности. – 2009. – № 1. – С. 63–72.
6. Ksenija Kablova et al. Содержание радионуклидов в воде и донных отложениях озера Малые Кирпичики (Восточно-Уральский радиоактивный след). По материалам LVI International Research and Practical Conference "Blooming planet: origins, evolution and the future of life on Earth", London, UK, 2013.
7. Голованчиков А.Б. Анализ процессов очистки охлаждающей воды реакторов АЭС от радиоактивных изотопов стронция и цезия / А.Б. Голованчиков, Л.В. Курылева, В.Ф. Каблов, Б.А. Дулькин // Известия ВолГТУ. Сер. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. Вып. 22. – Волгоград, 2014. – № 25 (152). – С. 55–60.
8. Достай Ж.Д. Природные воды Казахстана: ресурсы, режим, качество и прогноз / Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Том II. – Алматы, 2012. – 330 с.
9. Панин М.С. Экология Казахстана: учебник для вузов / Под. ред. Байтулина И.О. – Семипалатинск: СГПИ, 2005. – С. 89–102.
10. Айдарханов А.О. Радиоактивное загрязнение вод реки Шаган / А.О. Айдарханов, С.Н. Лукашенко, А.К. Айдарханова [и др.]. // Актуальные вопросы радиэкологии Казахстана [Сб. тр. Национального ядерного центра Республики Казахстан за 2011–2012 гг.] / под рук. Лукашенко С.Н. – Павлодар: Дом печати, 2013. – Т.1. – Вып. 4. – С. 249–255.
11. Есимбеков А.Ж. Исследование механизмов и путей загрязнения тритием поверхностных вод р. Шаган / А.Ж. Есимбеков, С.Н. Лукашенко, А.О. Айдарханов, М.Р. Актаев // Актуальные вопросы радиэкологии Казахстана [Сб. тр. Национального ядерного центра Республики Казахстан за 2014–2016 гг.] / под рук. Лукашенко С.Н. – Павлодар: Дом печати, 2017. – Т.2. – Вып. 6. – С. 361–371.
12. Батралина Н.Ж. Состояние водных ресурсов Восточно-Казахстанской Области // Гигиена труда и медицинская экология. № 4 (53), 2016. – С. 34–40.
13. Кудеринова Н.А., Толеукадыров Е.Т. Состояние водных ресурсов Восточно-Казахстанской области / Всемирный день охраны окружающей среды (Экологические чтения - 2017): материалы междунар. научно-практ. конференции, 3–5 июня 2017 г. – Омск: Литера, 2017. – С. 167–169.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований определены фоновые концентрации ЕРН (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{210}Po , ^{238}U) и ИРН (^3H , ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$) в водных объектах ВКО различного типа. Полученные значения уровня содержания ЕРН и ИРН в воде на 2–4 порядка ниже уровня вмешательства, согласно Гигиеническим нормативам, установленным в Республике Казахстан. По определенным химическим показателям все воды пригодны для использования в хозяйственных целях, согласно Санитарным правилам, установленным в Республике Казахстан. Полученные значения в дальнейшем могут использоваться в качестве базовых показателей для оценки радиационного состояния вод при мониторинге водных объектов.

Работа выполнена в рамках темы «Исследование базовых характеристик радионуклидного загрязнения в водной среде» РБП 036 «Развитие атомных и энергетических проектов», подпрограммы 105 «Прикладные научные исследования технологического характера в сфере атомной энергетики», мероприятия «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан» на 2018–2020 гг.

14. Мамбетказиева Р.А., Данилова А.Н., Мабетказиев Е.А. Региональные особенности природной среды Восточного Казахстана // Вестник КАСУ. – 2011. – № 6. – С. 35–39.
15. Панин М.С. Тяжелые металлы в воде и донных отложениях Иртыша и ее притоков // Химия в интересах ее устойчивого развития. 2000. – № 6. – С. 845–853.
16. Адрышев А.К., Сагынганова И.К. Источники загрязнения тяжелыми металлами рек Иртыш и Ульба / Вестник ВКГТУ. Экология № 3. – Усть-Каменогорск, 2008. – С. 110–115.
17. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2019 г. / МЭ РК, РГП «Казгидромет», Департамент экологического мониторинга. – 2019. – С. 205–213.
18. Липихина А.В. Содержание радионуклидов в питьевой воде и продуктах питания промышленных регионов Казахстана / А.В. Липихина, А.Е. Мансарина, Г.К. Кошпесова, Ш.Б. и др. / Вестник КазНМУ, 2014 – [https://kaznmu.kz/press/?s=УДК+612.392.7/8-613.31-614.876\(574.5\)](https://kaznmu.kz/press/?s=УДК+612.392.7/8-613.31-614.876(574.5)) (Электронный ресурс, по состоянию на 18.05.2020).
19. Фролова Н.Л., Воробьевский И.Б. Гидроэкологические ограничения водопользования в бассейне Иртыша / Вестн. Моск. Ун-та сер. 5. География. 2011. № 6 – С. 34–42.
20. Винокуров Ю.И. Институциональное партнерство в трансграничном бассейне реки Иртыш / Ю.И. Винокуров, Б.А. Красноярова, Г.Я. Барышников, О.Н. Барышникова, Т.В. Антюфеева, С.Н. Шарабарина // Известия Алтайского отделения Рус. геогр. о-ва, 2018. № 1 (48) – С. 17–23.
21. Буктырма // Казахстан. Национальная энциклопедия. – Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2004. Т. I. – С. 462.
22. Ульба (река) // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.
23. Чар (река) <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1674363> (Электронный ресурс, по состоянию на 18.05.2020 г).
24. Аязгуз // Словарь современных географических названий / Рус. геогр. о-во. Моск. центр; Под общ. ред. акад. В. М. Котлякова. Институт географии РАН. – Екатеринбург: У-Фактория, 2006.
25. Буктырминское водохранилище // Казахстан. Национальная энциклопедия. – Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2004. Т. I. – С. 462.
26. Ануарбеков С.М. Влияние попусков воды Шульбинской ГЭС на воспроизводство рыб Шульбинского водохранилища / Ануарбеков С.М., Касымханов А.М., Аубакиров Б.С. / Всемирный день охраны окружающей среды (Экологические чтения – 2017): материалы междунард. научно-практ. конференции, 3–5 июня 2017 г. – Омск: Литера, 2017. – С. 10–13.
27. Жайсан // Казахстан. Национальная энциклопедия. – Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2005. – Т. II. – С. 267.
28. Евсеева А.А., Притыкин И.В. Рыбохозяйственная мелиорация для сохранения и увеличения рыбохозяйственного потенциала оз. Жайсан / Всемирный день охраны окружающей среды (Экологические чтения - 2017): материалы междунард. научно-практ. конференции, 3–5 июня 2017 г. – Омск: Литера, 2017. – С. 112–115.
29. ГОСТ 26449.1-85 Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод. ГОСТ 26449.1-85. Москва, 1987.
30. ISO 9698:2019 (E) Качество воды. Определение удельной активности трития – метод жидкостно-сцинтилляционного счета. – ISO, 2019. – 26 с.
31. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к водисточникам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов» / Утверждены приказом министра национальной экономики Республики Казахстан от 16 марта 2015 года – № 209.
32. Гигиенические нормативы «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» / Утверждены приказом министра национальной экономики Республики Казахстан от 27 февраля 2015 года – № 155.
33. Мироненко В.А., Румынин В.Г. Проблемы гидроэкологии. Монография в 3-х томах. Том 3 (книга 2). Прикладные исследования. М.: Издательство МГТУ, 1999. – С. 713–716.

ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ СУ ОБЪЕКТІЛЕРІНІҢ СУЫНДАҒЫ ТАБИҒИ ЖӘНЕ ЖАСАНДЫ РАДИОНУКЛИДТЕРДІҢ «ФОНДЫҚ» ШОҒЫРЛАНУЫН БАҒАЛАУ

А.К. Айдарханова, С.Б. Күмісханова, О.Н. Ляхова, Е.Н. Тлеуқанов

ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы, Қурчатов, Қазақстан

Зерттеу жұмысында Шығыс Қазақстан облысының (ШҚО) суларында табиғи (ТРН) және жасанды (ЖРН) радионуклидтердің «фондық» шоғырлануын анықтау бойынша деректер келтіріледі. Зерттеу объектілері ретінде әртүрлі типтегі сулар алынған: динамикалық – Ертіс, Бұқтырма, Үлбі, Шар және Аязгөз өзендері және статистикалық – Бұқтырма және Шүлбі су қоймалары мен Зайсан көлі. ШҚО суларындағы ТРН мен ЖРН концентрациясы Қазақстан Республикасының гигиеналық нормативтерінде белгіленген араласу деңгейінің мәнінен 2–4 ретке төмен екендігі көрсетілген.

**EVALUATION OF “BACKGROUND” CONCENTRATIONS OF NATURAL AND MAN-MADE
RADIONUCLIDES IN WATER OF WATER BODIES IN THE EAST KAZAKHSTAN REGION**

A.K. Aidarkhanova, S.B. Kumiskhanova, O.N. Lyakhova, E.N. Tleukanov

Branch "Institute of Radiation Safety and Ecology" RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

The paper presents data on the determination of “background” concentrations of natural (NRN) and man-made (MRN) radionuclides in the waters of the East Kazakhstan region (EKR). The objects of study were water bodies of various types: dynamic – the Irtysh, Bukhtarma, Ulba, Shar and Ayagoz rivers and static – the Bukhtarma and Shulba reservoirs and Zaysan Lake. It is shown that the concentration of NRN and MRN in the waters of EKR is 2–4 orders of magnitude lower than the values of the level of intervention established by the Hygienic standards of the Republic of Kazakhstan.