

Содержание изотопов ^{210}Po и ^{210}Pb в воде искусственного озера г. Истиклола Республики Таджикистан и их бионакопление в организме рыб

В.М. Миряхьяев¹, Х.И. Тиллобоев², Х.М. Назаров¹, М.М. Махмудова³, У.М. Мирсаидов¹

¹Агентство по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе, Таджикистан

²Худжандский государственный университет им. Б. Гафурова, Худжанд, Таджикистан

³Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибн Сино, Душанбе, Таджикистан

Приведены результаты мониторинга изотопов ^{210}Po и ^{210}Pb в воде искусственного озера (бывший урановый карьер) г. Истиклола Республики Таджикистан и их бионакопление. Рыбы, обитающие в данном водоёме, частично используются в рационе жителей в качестве пищи. Определено, что уровень изотопа ^{210}Po в печени обитающих в озере рыб, в частности карасей, были сравнительно высоки. Установлено, что годовая эффективная доза облучения от гамма-излучения и активности изотопов в воде для человека в г. Истиклоле превышает рекомендованный годовой уровень пороговой дозы (10 мЗв).

Ключевые слова: изотоп, урансодержащая руда, озеро, рыба, спектр, бионакопление, активность.

Введение

Ранее в работах [1, 2] были даны оценки потенциальной радиационной опасности бывших урановых объектов Республики Таджикистан, в том числе и г. Истиклола. Как известно, добыча урана является наиболее опасным производством. При получении концентрата урана из руд наблюдается попадание радионуклидов в воздух, воду, почву и растения. Особое внимание уделяется наиболее опасным продуктам распада – ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{226}Ra .

Цель исследования – получение научной информации об удельной активности и о природе радиоактивных изотопов ^{210}Po и ^{210}Pb , основанной на анализе воды водоёма (бывшего уранового карьера) г. Истиклола Республики Таджикистан, путём проведения исследований внутренних органов рыб, обитающих в указанном водоёме.

Искусственное озеро было образовано в результате извлечения урановой руды открытым способом. В результате образовался карьер длиной около 1200 м, шириной 1000 м и глубиной около 120 м, который затоплен водой на 60 м. В течение года, в зависимости от сезона, ожидается незначительное нарушение кислородного баланса воды. Небольшой ручей является единственным выходом из озера (через штольню), сохраняя уровень воды примерно постоянным. В озере обитают отдельные виды рыб.

Методы отбора проб и исследования

Из искусственного озера отобраны пробы воды и рыб (объект исследования), а также для сравнения были ото-

браны пробы воды и рыб из Кайраккумского водохранилища (г. Гулистон Республики Таджикистан) для сравнительного анализа. Все пробы отбирали в течение дня, образцы охлаждались, а затем замораживались для длительного хранения до доставки в изотопную лабораторию для дальнейших исследований.

Анализ проб воды производился путём фракционирования и разделения коллоидных частиц по размеру (молекулярная масса). Процесс фракционирования был сделан с помощью мембранного фильтра «Millipore» (смешанного со сложным эфиром целлюлозы) с отсечкой в 0,45 мкм и ультрафильтрами «Майкон», «Hollowfibre», имеющий отсечку на 10 кДа. Фильтр с диаметром пор до 0,45 мкм и мембраной с отсечки на 1–10 кДа, который обеспечивает удержание частиц размером более 0,45 мкм и коллоидных частиц (0,45 мкм > x > 10 кДа). Ионное фракционирование было сделано с помощью ионообменной хроматографии ультрафильтрованного образца. Процесс катионного обмена произведён с помощью смолы «Bio-RadChelex 100». После фракционирования все пробы воды были подкислены соляной кислотой (HCl – 1%) и хранились до проведения лабораторного анализа. Полевая работа была проведена совместно со специалистами Норвежского университета естественных наук.

Общий состав органических веществ, который основан на присутствии анионов, определялся с помощью стационарной аппаратуры «lachatl C 5000» с ионным хроматографом.

Концентрация общего органического углерода (ООУ) в воде участка исследований составляла 2,2 мг/л и находится в том же диапазоне, что и в олиготрофных озёрах.

Назаров Холмурод Марипович

Агентство по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан

Адрес для переписки: 735730, Таджикистан, г. Бустон, ул. Опланчук, 1а; E-mail: holmurod18@mail.ru

Удельная активность изотопа ^{210}Po в пробах воды из озера до и после размерного фракционирования (молекулярная масса) и заряда фракционирования, рассчитывали одновременно. Суммарная удельная активность изотопа ^{210}Po в озере составляла 5,6–0,7 мБк/л (табл.1).

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ, 2011), изотоп ^{210}Po в питьевой воде должен находиться на уровне 0,1 Бк/л. В этом отношении удельная активность изотопа ^{210}Po находится значительно ниже предельно допустимых норм для питьевой воды.

Процентное распределение изотопа ^{210}Po , Мп и ООУ представлено на рисунке 1. Основная удельная активность изотопа ^{210}Po до > 10 кДа, а распределение частиц и коллоидов колеблется от 11 до 60%, соответственно. Фракция с низкой молекулярной массой (НММ) изотопа ^{210}Po составила 28%, катионы крупной молекулярной массы составляют 62%.

Рыбы из участка исследований (n=13) и участка сравнения (n=3) были анализированы одновременно (n=16). Рыбы для анализа из Кайраккумского водохранилища (г. Гулистон) и г. Истиклол были получены в основном от местных рыбаков. Рыбы были тщательно исследованы (измеряли длину и вес). Процедура расчленения на отдельные органы и ткани была произведена сразу же после отбора. Пробы отдельно упаковывали в алюминиевую фольгу, затем хранили при температуре 20°C, до отправления в Норвежский университет естественных наук, и выдерживали при этой температуре для дальнейших

исследований. Для определения возраста и видов рыб были использованы общепринятые методы, а исследование органов рыб было осуществлено в соответствии с описанным методом [3].

Содержание изотопа ^{210}Po во всех образцах определяли с помощью метода альфа-спектрометрии. Удельную активность изотопа ^{210}Pb определяли после 6 месяцев, когда изотопы ^{210}Po и ^{210}Pb были в состоянии равновесия. Спектры были получены с помощью спектрометра «Genie PC Канберра 2000» с программным обеспечением. Образцы подсчитывали в течение 72 ч, и ошибки составили ниже 10%. В результате анализа были обнаружены изотопы ^{210}Po и ^{210}Pb в костях (в основном позвоночник), печени (всей) и мышцах (части). Все органы исследованных рыб проанализированы отдельно для сравнения.

Пробы рыб проанализированы с возрастным классом от 2 до 8 лет. Эти данные могут быть использованы для описания модели роста видов рыб и уровней загрязнения радиоизотопами в водоёмах. Нижняя часть тела у рыб всех особей *Carrasius auratus*, *Cyprinus carpio* и *Sander lucioperca* была белой, что является типичным для всех видов. По стадии зрелости особей *Carrasius auratus* изученные рыбы представляли собой незрелую группу вида. У особей уровень роста оказался линейным, с увеличением длины и увеличением размеров тела и отсутствием стагнации роста тела с течением времени (рис. 2).

Удельная активность во фракциях изотопа ^{210}Po (мБк/л) в пробах воды

Таблица 1

Specific activity in ^{210}Po isotope fractions (mBq/l) in water samples

[Table 1

№ [No.]	Образцы воды [Water samples]	Удельная активность в пробе воды [Specific activity in a Water Sample]	Расчётная активность во фракции [Estimated activity in a Fraction]
1	Общий [Overall]	5,6 – 0,7	Частиц 0.6 [Particles 0.6]
2	0,45 мм [0.45 mm]	5,0 – 0,5	Коллоидный 3.4 [Colloid 3.4]
3	10 кДа [10 kDa]	1,6 – 0,4	НММ 1.6 [LMM 1.6]
4	кДа обмен ионов [kDa ion exchange]	1,0 – 0,2	Катионы 1.0 [Cations 1.0]

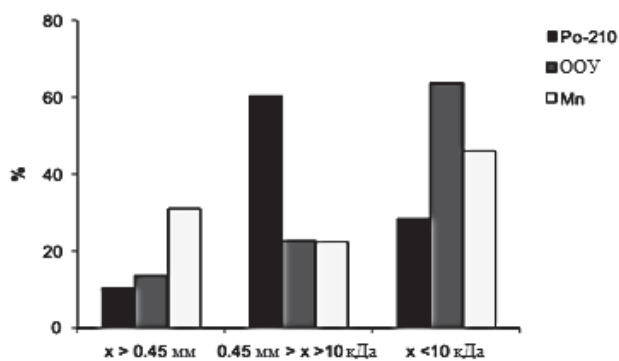


Рис. 1. Процентное распределение ^{210}Po , ООУ и Мп на разных отсечках по размеру в озере [Fig 1. The percentage distribution of ^{210}Po , TOC and Mn at different cutoff on size in the Lake]

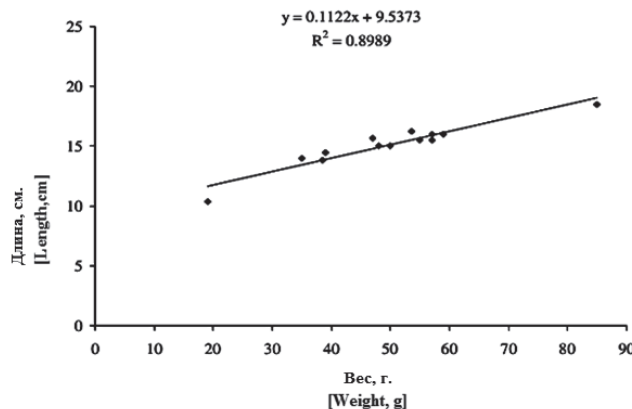


Рис. 2. Соотношение между длиной и весом особей *Carrasius auratus* в озере г. Истиклола [Fig 2. The ratio between the length and weight of specimens of *Carrasius auratus* in the lake of Istiklol city]

Представлены возрастные группы от 2 до 8 лет со средним возрастом 5 и 6 лет, из которых более > 80% составляли самки. Непрерывный рост рыбы зависит от ряда факторов, в том числе доступности и обилия пищи. Это связано непосредственно с численностью вида, так как рост в малом количестве особей в озере намного лучше, чем если озеро перенаселено или частично перенаселено. Средняя удельная активность изотопов ^{210}Pb и ^{210}Po в печени, костях и мышцах от всех видов рыб представлены в таблице 2.

Удельная активность изотопа ^{210}Po в печени была больше, чем в костях и мышцах. Это наблюдение считается эффективным, и значения суммарной удельной активности у рыб достигают до 592 Бк/кг. Кроме того, большинство особей имели удельную активность более 3000 Бк/кг. Удельная активность в печени, мышцах и костях карпов существенно отличается друг от друга. Сравнения показало, что удельная активность изотопа ^{210}Po в печени рыб из озера меньше, чем в образцах рыб из водохранилища Кайраккум. Тем не менее, удельная активность немного выше в костях, чем в мышцах.

Заключение

Таким образом, уровни изотопа ^{210}Po в мышцах карпов в озере были сравнительно высоки. Использование в качестве пищи 1,5 кг рыбы в месяц (50 г в день) с изотопом ^{210}Po и удельной активности 400 Бк/кг превысит норму и внесёт свой вклад до 8 мЗв/г в годовую эффективную дозу. Группы риска, такие как беременные женщины и дети, не должны употреблять рыбу из водоёма

г. Истиклол. Кроме того, она не рекомендуется для населения в целом.

Концентрации воды с изотопами ^{210}Po и ^{210}Pb не были приняты в рассмотрение для оценки доз из-за очень низких концентраций обоих радионуклидов в пробах воды, и предположительно их добавление через питьевую воду будет иметь второстепенное значение.

Авторы выражают благодарность профессору Б.Салбу и сотрудникам Норвежского института водных исследований за ценные советы и помощь при проведении необходимых анализов.

Литература

1. Назаров, Х.М. Оценка потенциальной радиационной опасности бывших урановых объектов для населения г. Истиклола Республики Таджикистан / Х.М. Назаров, К.А. Эрматов, Д.А. Саломов, С.М. Бахронов, У.М. Мирсаидов // Радиационная гигиена. – 2018. – Т.11, №2. – С. 83-90.
2. Назаров, Х.М. Оценка потенциальной радиационной опасности хвостохранилища Дигмай (Таджикистан) для населения, проживающего вокруг него / Х.М. Назаров, К.А. Эрматов, С.М. Бахронов, С.Г. Мухамедова, У.М. Мирсаидов // Радиационная гигиена. – 2019. – Т.12, №1. – С. 115-121.
3. Салбу, Б. Видообразование, из задач в рамках оценки воздействия на окружающую среду и риска / Б. Салбу // Журнал экологической безопасности. – 2007. – (1.3). – С. 47-53.

Поступила: 08.04.2019 г.

Таблица 2

Средняя удельная активность изотопов ^{210}Pb и ^{210}Po в печени, в костях и мышцах рыб из искусственного озера г. Истиклола

[Table 2

The average specific activity of ^{210}Pb and ^{210}Po isotopes in the liver, in bones and muscles of fish from the artificial lake of Istiklol city]

Виды (ткань) [Species(tissue)]	^{210}Po			^{210}Pb		
	Значение, Бк/кг [Value, Bq/kg]			Значение, Бк/кг [Value, Bq/kg]		
	мин. [min]	макс. [max]	среднее [mean]	мин. [min]	макс. [max]	среднее [mean]
Карась (п) [Caras (l)]	593	9380	3950	25	327	94
Карась (к) [Caras (b)]	265	1390	700	22	185	100
Карась (м) [Caras (m)]	128	1280	410	–	–	нм [nm]

п – печень, к – кости, м – мышцы, нм – не измерялся.
[l – liver, b – bone, m – muscle, nm – not measured.]

Миряхъяев Валичон Миркурбонович – ведущий инженер Филиала агентства по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе, Таджикистан

Тиллобоев Хакимджон Ибрагимович – заведующий кафедрой органической и прикладной химии Худжандского государственного университета им. Б.Гафурова, Худжанд, Таджикистан

Назаров Холмурод Марипович – главный научный сотрудник Филиала по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан в Согдийской области. **Адрес для переписки:** 735730, г. Бустон, ул. Опланчук, 1а, E-mail: holmurod18@mail.ru

Махмудова Манижа Махкамовна – ассистент кафедры детских болезней Таджикского государственного медицинского университета им. Абуали ибн Сино, Душанбе, Таджикистан

Мирсаидов Ульмас Мирсаидович – главный научный сотрудник Агентства по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе, Таджикистан

Для цитирования: Миряхьяев В.М., Тиллобоев Х.И., Назаров Х.М., Махмудова М.М., Мирсаидов У.М. Содержание изотопов ^{210}Po и ^{210}Pb в воде искусственного озера г. Истиклола Республики Таджикистан и их биоаккумуляция в организме рыб // Радиационная гигиена. – 2019. – Т. 12, № 2 (Спецвыпуск). – С. 50-53. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-10-2s-50-53.

^{210}Po and ^{210}Pb Isotopes Content in the Water of Artificial Lake of Istiklol City of the Republic of Tajikistan and their Bioaccumulation in the Fish

Validzhon M. Miryakhyaev¹, Khakimdzhon I. Tilloboev², Kholmurod M. Nazarov¹,
Manizha M. Makhmudova³, Ulmas M. Mirsaidov¹

¹Nuclear and Radiation Safety Agency of the Academy of sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

²B. Gafurov Khujand State University, Khujand, Tajikistan

³Abuali Ibn Sino Tajik State Medical University, Dushanbe, Tajikistan

The results of monitoring of ^{210}Po and ^{210}Pb isotopes in water of artificial lake (former uranium mine) of Istiklol city of the Republic of Tajikistan and their bio-accumulation are given. Fish living in this area is using as a food by local population. It has been found that the level of ^{210}Po isotope in the liver of fish, in particular of caras fish, was relatively high. It has been defined that the annual effective radiation dose from gamma radiation and isotopic activity in water for human in the Istiklolcity exceeds the recommended annual threshold dose level (10 mSv).

Key words: isotope, uranium-bearing ores, lake, fish, spectrum, bioaccumulation, activity.

References

1. Nazarov Kh.M., Ermatov K.A., Salomov D.A., Bahronov S.M., Mirsaidov U.M. Assessment of potential radiological hazards of former uranium objects to population in the Istiklol city of Republic of Tajikistan. Radiatsionnaya gygiena = Radiation hygiene, 2018, Vol.11, No.2, pp. 83-90. (In Russian)
2. Nazarov Kh.M., Ermatov K.A., Bahronov S.M., Mukhamedova S.G., Mirsaidov U.M. Assessment of potential radiological hazards of Degmay waste disposal site (Tajikistan) to population, dwelling around it. Radiatsionnaya gygiena = Radiation hygiene, 2019, Vol.12, No.1, pp. 115-121. (In Russian)
3. Salbu B. Speciation, from the tasks within the framework of environmental impact and risk assessment. Zhurnal ekologicheskoy bezopasnosti = Journal of environmental, 2007, (1.3), pp. 47-53. (In Russian)

Validzhon M. Miryakhyaev – lead engineer of the Branch of Nuclear Radiation Safety Agency of the Academy of sciences of the Republic of Tajikistan, Buston, Tajikistan

Khakimdzhon I. Tilloboev – head of chair of organic and applied chemistry of B. Gafurov Khujand State University, Khujand, Tajikistan

For correspondence: Kholmurod M. Nazarov – principal research worker of Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan Branch in Sogd region (1A Oplanchuk, Buston, 735730, Tajikistan; E-mail: holmurod18@mail.ru)

Manizha M. Makhmudova – assistant of the chair of children diseases Abuali Ibn Sino Tajik State Medical University, Dushanbe, Tajikistan

Ulmas M. Mirsaidov – senior research assistant, Nuclear Radiation Safety Agency of the Academy of sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

For citation: Miryakhyaev V.M., Tilloboev Kh.I., Nazarov Kh.M., Makhmudova M.M., Mirsaidov U.M. ^{210}Po and ^{210}Pb Isotopes Content in the Water of Artificial Lake of Istiklol City of the Republic of Tajikistan and their Bioaccumulation in the Fish. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2019, Vol. 12, No. 2 (special issue), pp. 50-53. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426x-2019-12-2s-50-53

Kholmurod M. Nazarov

B. Gafurov Khujand State University

Address for correspondence: 1A Oplanchuk, Buston, 735730, Tajikistan; E-mail: holmurod18@mail.ru