

THE CONTENT OF RADIONUCLIDES IN WATER AND GROUND DEPOSITS OF THE MALYE KIRPICHIKI LAKE (EAST-URAL RADIOACTIVE TRACE)

K. Kablova¹, Postgraduate student
 S. Levina², Doctor of Biological sciences, Full Professor
 A. Sutjagin³, Candidate of Chemistry, Associate Professor
 V. Derjagin⁴, Candidate of Geographical sciences, Associate Professor, Doctoral Candidate
 I. Popova⁵, Senior Research Associate
 R. Kuzmina⁶, Senior Research Associate
 Chelyabinsk State Pedagogical University, Russia^{1,2,3,4}
 Urals Research - Centre for Radiation Medicine, Russia⁵
 Institute of Plant and Animal Ecology, Russia⁶

The research is devoted to the analysis of processes of accumulation and distribution of long-living radioactive nuclides of strontium - 90 and cesium - 137 in the «water – bottom sediments» system of the ecosystem of the slowed down water exchange of Malye Kirpichiki.

Keywords: long-living radioactive nuclides, ecosystem, water, bottom sediments.

Conference participants

СОДЕРЖАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА МАЛЫЕ КИРПИЧИКИ (ВОСТОЧНО – УРАЛЬСКИЙ РАДИОАКТИВНЫЙ СЛЕД)

Каблова К.В.¹, аспирант
 Левина С.Г.², д-р биол. наук, проф.
 Сутягин А.А.³, канд. хим. наук
 Дерягин В.В.⁴, канд. геогр. наук
 Попова И.Я.⁵, ст. науч. сотр.
 Кузьмина Р.В.⁶, ст. науч. сотр.
 Челябинский государственный педагогический университет, Россия^{1,2,3,4}
 Уральский научно-практический центр радиационной медицины Федерального медико-биологического агентства, Россия⁵
 Институт экологии растений и животных УрО РАН, Россия⁶

Исследование посвящено анализу процессов накопления и распределения долгоживущих радионуклидов стронция – 90 и цезия – 137 в системе «вода – донные отложения» экосистемы замедленного водообмена Малые Кирпичики.

Ключевые слова: долгоживущие радионуклиды, экосистема, вода, донные отложения.

Участники конференции

В связи с развитием в Уральском регионе атомной энергетики и высокой техногенной нагрузкой защита окружающей среды от загрязнения антропогенного генезиса, в том числе радиоактивного, является одной из важнейших проблем. Воздействие радиационного фактора происходит на фоне сильного загрязнения региона химическими веществами антропогенного характера. Северная часть региона находится в зоне влияния Новоземельского полигона ядерных испытаний, средняя – Белоярской АЭС им. Курчатова, а южная часть – Производственного объединения «Маяк». В результате радиационных инцидентов на ПО «Маяк» в районе расположения предприятия сформировалась техногенная радионуклидная геохимическая аномалия. Радиоактивному загрязнению подверглись многочисленные озера, расположенные в зоне воздействия предприятия [1].

Радионуклиды, поступившие в водные экосистемы, сорбируются взвесьями и осаждаются, претерпевают радиоактивный распад, накапливаются водной биотой, что приводит к самоочищению воды озера. Однако в результате этих процессов донные отложения, в которых накапливаются

радионуклиды, становятся долговременным депо загрязнителей и источником вторичного радиоактивного загрязнения. Воздушная и гидрологическая миграция радионуклидов из водоемов, поступление радионуклидов в подземные воды приводят к их постепенному распространению в окружающей среде, включению в пищевые цепочки и дополнительному облучению человека [4].

В качестве объекта исследования, было выбрано озеро Малые Кирпичики, расположенное на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа.

Целью исследования явилось выявление особенностей накопления и распределения радионуклидов в системе «вода – донные отложения».

Материалом для настоящего исследования служили вода, а также донные отложения озерной экосистемы Малые Кирпичики. Донные отложения представлены в исследовании двумя типами: илистые сапропели и торфяные грунты (сфагновые).

Водоем расположен на юго-востоке Восточно – Уральского радиоактивного следа, на расстоянии 19 км от эпицентра взрыва. Озеро слабопроточное, является притоком р. Ка-

раболка (Иртышский бассейн) у села Кирпичики. С момента аварии 1957 года отселение населенных пунктов с прибрежной зоны озера не производилось.

Пробы воды и донного грунта были отобраны в один и тот же гидрологический сезон (период конца биологического лета, который является для уральских озер экстремальным состоянием экосистемы, отражающим годовое развитие при максимально возможной для данного озера степени развития сине-зеленых водорослей), что позволило выявить значимые (выше фона глобальных выпадений) концентрации радионуклидов.

Отбор проб воды проводился согласно стандартным методикам [5] в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05. – 85 и ГОСТ Р 51592 – 2000. Пробы воды консервировались на месте, в течение суток был проведен радиохимический анализ.

Отбор проб донных отложений осуществлялся с использованием стандартного гидрологического оборудования [5], позволяющего получать образцы с ненарушенной стратификацией. Колонки донных отложений на исследуемых озерах отбирались до подстилающих пород.

Пробоподготовка донных отложений (высушивание, измельчение, просеивание) проводилась на базе лаборатории физико-химических методов исследований кафедры химии Челябинского государственного педагогического университета.

Удельную активность ^{90}Sr и ^{137}Cs в образцах воды исследовали гамма – спектрометрическим методом на малофоновой β – метрической установке типа УМФ – 2000 и пламенно – фотометрическим контролем выхода носителя. Погрешность измерения ^{90}Sr и ^{137}Cs составляет 20 % при актив-

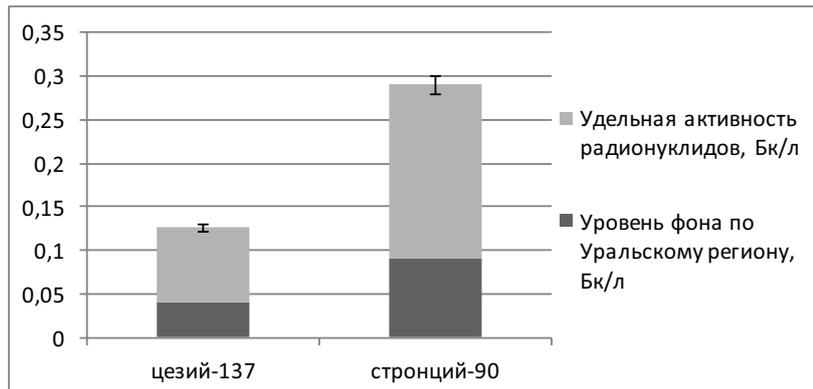


Рис. 1. Содержание радионуклидов стронция – 90 и цезия – 137 в воде озера Малые Кирпичики.

Табл.1.

Гидрохимические показатели воды озера Малые Кирпичики.

Название Озера	рН, ед. рН	Еh, mV	Катионно - анионный состав (мг/л)								
			Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻
Малые Кирпичики	8,28	260	6,9	28,26	7,41	3,12	8,56	2,8	<0,003	<0,1	97,6

ности $< 0,7$ Бк/г и 10 % при больших активностях. Диапазон величины измерения $0,02 - 1 \cdot 10^5$ Бк/дм³ [6]. Радиохимический анализ проводился в лаборатории Уральского научно - практического центра радиационной медицины, город Челябинск.

Для определения содержания ^{137}Cs в образцах донных осадков использовали гамма - спектрометр фирмы “Canberra Packard” с германиевым полупроводниковым детектором с эффективностью 25% при ошибке измерения не более 15% и нижнем пределе обнаружения 1 Бк/г.

Измерение β - активности ^{90}Sr проводили на малофоновой установке типа УМФ-1500 или УМФ-2000 с нижним пределом обнаружения 1,0 и 0,4 Бк/кг, статистической ошибкой измерения не более 15 и 10% соответственно. Радиохимический анализ донных осадков проводился в лаборатории Института экологии растений и животных УрО РАН, город Заречный.

Современные значения удельных активностей радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в водной массе озера Малые Кирпичики представлены на рис. 1. Фоновые значения ^{90}Sr и ^{137}Cs по Уральскому региону составляют 0,09 и 0,04 Бк/л соответственно, что обусловлено их содержанием в глобальных выпа-

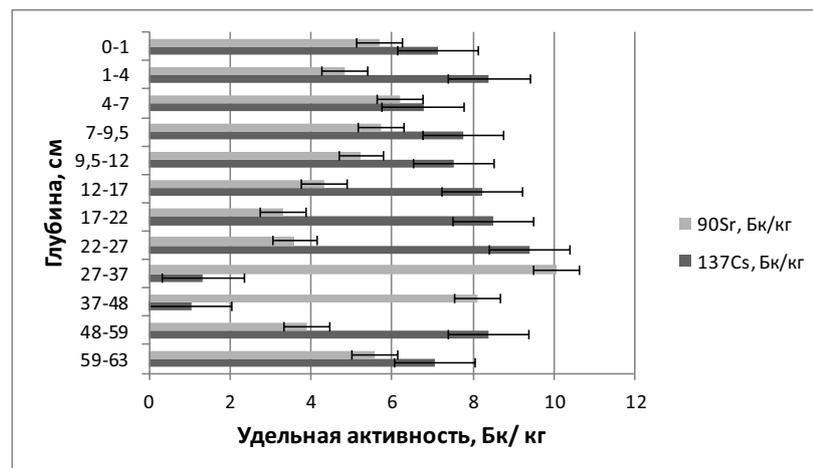


Рис.2. Удельная активность долгоживущих радионуклидов по профилю донных осадков озера Малые Кирпичики.

дениях на исследуемой территории. Уровень вмешательства по ^{90}Sr в воде составляет 11 Бк/л; по ^{137}Cs – 5 Бк/л (НРБ – 09/2009) [3,7].

Результаты гидрохимического анализа представлены в таблице 1. Исследование современного состояния озера позволяет отнести его к типу: ультрапресное. Вод озера относится к гидрокарбонатному классу, характерен содовый (I) тип; в катионной группе доминирует двухвалентный кальций. В анионной группе содержание SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , Cl^- . Данные величины благоприятны для развития

гидробионтов.

Согласно полученным данным радиохимического анализа донных осадков содержание цезия – 137 равномерно по всей глубине колонки (Рис.2.). Всплеск содержания радионуклида на глубине 22 – 27 см возможно связано с ветровым цезиевым разносом с берега озера Карачай 1967 года. Содержание стронция – 90 также равномерно по всей глубине, что может быть обусловлено способностью стронция к миграции на большую глубину[8].

Резкое увеличение удельной ак-

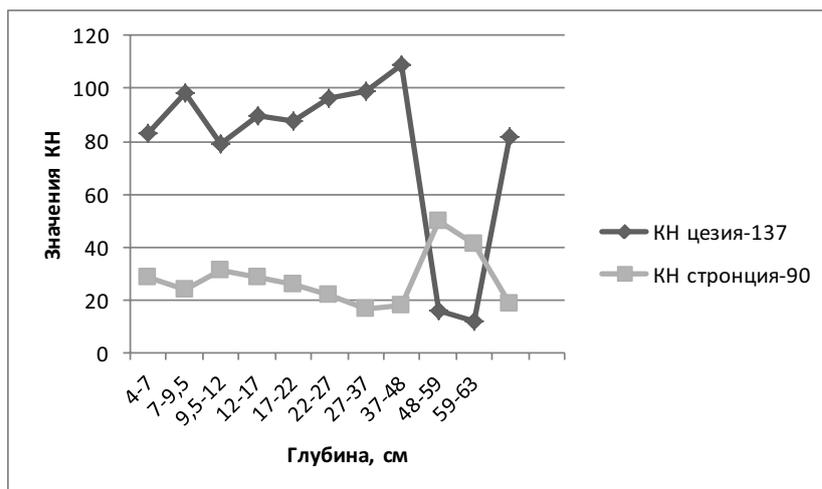


Рис.3. Значения КН радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs донными осадками исследуемого озера

тивности радионуклида на глубине 27 - 48 см может быть связано с высоким содержанием гуминовых кислот на данной глубине. О высоком содержании гуминовых веществ могут свидетельствовать физические характеристики донных осадков: цвет, структура, высокое содержание органических останков.

С целью прогнозирования степени аккумуляции радионуклидов из воды озера донными осадками определены значения коэффициента накопления (КН) долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs озера Малые Кирпичики.

Согласно полученным величинам КН данных радионуклидов илом озера Малые Кирпичики (Рис.3) можно отметить, что на эти величины влияют степень минерализации воды озера (Табл.1) и состав донных отложений. В пресных водоемах процессы поглощения ^{90}Sr водной высшей растительностью выражены в большей степени, чем для соленых озер, что приводит к накоплению данного радионуклида в верхних слоях илов после сезонного отмирания биоты [2]. Однако, специфика донных осадков озера Малые Кирпичики (высокое содержание органического вещества) создает условия для миграции ^{90}Sr , что объясняет более низкие значения КН по сравнению с ^{137}Cs в верхнем слое (0-48 см) и более высокие в нижнем слое (48-59 см). Значение КН ^{137}Cs в слое 0-37 см донных отложений больше,

чем для ^{90}Sr , что, вероятно, связано с радиационным инцидентом 1967г. Расположение озера на северо-востоке относительно центра цезиевого разноса (озера Карачай) привело к загрязнению экосистемы Малые Кирпичики большей удельной активностью радионуклида ^{137}Cs .

Таким образом:

Сопоставляя современные уровни удельной активности водной массы озера Малые Кирпичики (рис. 1) с уровнем вмешательства (НРБ-09/2009) и фоновыми значениями по Уральскому региону, можно отметить, что вода озера не требует очистки от радионуклидов.

Отношение ^{137}Cs , Бк/кг / ^{90}Sr , Бк/кг > 1, что характерно для экосистем, расположенных в ближней зоне ВУР-Са.

По вертикальному распределению цезия – 137 следует отметить, что 70% удельной активности радионуклида распространяется на глубину до 30см, что связано с составом донных отложений и цезиевым разносом 1967 года.

По вертикальному распределению стронция – 90 следует отметить, что 45 % удельной активности радионуклида содержится на глубине 27 – 63 см, что свидетельствует о миграционной способности стронция [8].

References:

1. Vostochno-Ural'skii radioaktivnyi sled (Sverdlovskaya oblast') [East-Ural

radioactive trace (Sverdlovsk region)]. Edited by V.N. Chukanova. Ekaterinburg, 2012., 168 p.

2. Raspredelenie ^{241}Am v biomasse presnovodnykh makrofitov [Distribution of ^{241}Am in the biomass of freshwater macrophytes] T.A. Zotina, G.S. Kalachova, A.Ya. Bolsunovskii, chlen-korrespondent RAN A.G. Degermendzhi., Doklady Akademii Nauk [Reports of the Academy of Sciences] – Vol. 421, No. 3., July 2008, pp. 426-429

3. Levina S.G. Sostoyanie komponentov bioty ozer Vostochno-Ural'skogo radioaktivnogo sleda (na primere ozer M. Igish, B. Igish i Kuyanysh) [State of components of the biota of Lakes of East-Ural Radioactive Trace (for example, lakes M. Igish, B. Igish and Kuyanysh)]. S.G. Levina, D.Z. Shibkova, Z.P. Zemerova, V.V. Deryagin, I.Ya. Popova, Problemy radioekologii i pogranichnykh distsiplin [Problems of Radioecology and adjacent disciplines].- Ekaterinburg, 2006; Vol. 8., pp. 309-323.

4. Pavlotskaya F.I. Formy nakhozheniya radionuklidov v vode i donnykh otlozheniyakh nekotorykh promyshlennykh vodoemov PO «Mayak» [Forms of radionuclides in water and bottom sediments of some industrial basins of «Mayak»], F.I. Pavlotskaya, A.P. Novikov, T.A. Goryachenkova and others., Radiokhimiya [Radiochemistry]. - 1998; V.40, No. 5., pp. 462-467.

5. Namsaraev B. B., Barkhutova D.D., Khakhinov V. V. Polevoi praktikum po vodnoi mikrobiologii i gidrokhimii. Otvetstvennyi redaktor d-r. biol. nauk prof. M.B. Vainshtein [Field workshop on aquatic microbiology and hydrochemistry. Contributing editor Dr. of Biology, Professor. M.B. Vainshtein]. - Ulan-Ude; Publishing House of Buryat State University, 2006. - 68 p.

6. Sutyagin A.A. Raspredelenie dolgozhivushchikh radionuklidov i mikroelementov v superakval'nykh pozitsiyakh pochv vodosbornykh territorii ozer B. i M. Igish i Shablisch (srednyaya i dal'nyaya zony VURSA) [Distribution of long-lived radio-nuclides and microelements in supraequal positions of soils of catchment areas of B., M. Igish and Shablisch lakes (the middle and far EURT)]. A.A. Sutyagin, S.G. Levina, V.V. Deryagin, Problemy

географии Урала и сопредельных территорий: *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* (20 – 22 maya 2010) [Problems of geography of the Urals and adjacent territories: All-Russian scientific-practical conference with international participation (20-22 May, 2010)], edited by V.V. Deryagina. – Chelyabinsk., ABRIS, 2010; pp. 145–148.

7. Trapeznikov A.V. ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в пресноводных экосистемах [^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ in freshwater ecosystems]. – Ekaterinburg., 2010, 510 p.

8. Environmental Soil Chemistry: Second Edition. Donald L. Sparks. – Elsevier Science. Academic Press; 2009

Литература:

1. Восточно-Уральский радиоактивный след (Свердловская область)/ Под ред. В.Н. Чуканова. Екатеринбург, 2012 г. - 168 с.

2. Распределение ^{241}Am в биомассе пресноводных макрофитов Т.А. Зотина, Г.С. Калачова, А.Я. Болсуновский, член-корреспондент РАН А.Г. Дегерменджи/ Доклады Академии Наук - том 421, № 3, Июль 2008, С. 426-429

3. Левина С.Г. Состояние компонентов биоты озер Восточно-Уральского радиоактивного следа (на при-

мере озер М. Игиш, Б. Игиш и Куяныш)/ С.Г. Левина, Д.З. Шибкова, З.П. Земерова, В.В. Дерягин, И.Я. Попова // Проблемы радиоэкологии и пограничных дисциплин. - Екатеринбург, 2006 в. – Вып.8 – С.309-323.

4. Павлоцкая Ф.И. Формы нахождения радионуклидов в воде и донных отложениях некоторых промышленных водоемов ПО «Маяк» / Ф.И. Павлоцкая, А.П. Новиков, Т.А. Горяченко-ва [и др.] // Радиохимия. - 1998. - Т.40, № 5. - С.462-467.

5. Намсараев Б.Б., Бархутова Д.Д., Хахинов В.В. Полевой практикум по водной микробиологии и гидрохимии/ Ответственный редактор д-р.биол. наук проф. М.Б. Вайнштейн / Улан-Удэ Издательство Бурятского государственного университета, 2006. – 68 с.

6. Сутягин А.А. Распределение долгоживущих радионуклидов и микроэлементов в супераквальных позициях почв водосборных территорий озер Б. и М. Игиш и Шаблиш (средняя и дальняя зоны ВУРСа) / А.А. Сутягин, С.Г. Левина, В.В. Дерягин // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (20 – 22 мая 2010) / под ред. В.В. Дерягина. – Челябинск: АБРИС, 2010. – С. 145–148.

7. Трапезников А.В. ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в пресноводных

экосистемах. Екатеринбург. 2010. - 510 с.

8. Environmental Soil Chemistry: Second Edition/ Donald L. Sparks. – Elsevier Science /Academic Press.-2009

Information about authors:

1. Kseniya Kablova - Postgraduate student, Chelyabinsk State Pedagogical University; address: Russia, Chelyabinsk city; e-mail: gummel100@mail.ru

2. Serafima Levina - Doctor of Biological sciences, Full Professor, Chelyabinsk State Pedagogical University; address: Russia, Chelyabinsk city; e-mail: levina_serafima@mail.ru

3. Andrey Sutjagin - Candidate of Chemistry, Associate Professor, Chelyabinsk State Pedagogical University; address: Russia, Chelyabinsk city; e-mail: sandrey0507@mail.ru

4. Vladimir Derjagin - Candidate of Geographical sciences, Associate Professor, Doctoral Candidate, Chelyabinsk State Pedagogical University; address: Russia, Chelyabinsk city; e-mail: vderyagin@mail.ru

5. Irina Popova - Senior Research associate, Urals Research - Centre for Radiation Medicine; address: Russia, Chelyabinsk city; e-mail: gummel100@mail.ru

6. Rimma Kuzmina - Senior Research associate, Institute of Plant and Animal Ecology; address: Russia, Chelyabinsk city; e-mail: gummel100@mail.ru

