

RADIO NUCLIDE POLLUTION OF ELUVIAL SOILS OF THE KOZHAKUL LAKE CATCHMENT AREA

N. Parfilova¹, Postgraduate student
S. Levina², Doctor of Biological sciences, Full Professor, Dean
A. Sutyagin³, Candidate of Chemistry, Associate Professor
V. Deryagin⁴, Candidate of Geographical sciences, Associate professor, Head of a Chair
I. Popova⁵, Senior Research Associate
Chelyabinsk State Pedagogical University, Russia^{1,2,3,4}
Urals Research - Centre for Radiation Medicine, Russia⁵

Research is aimed at the analysis of processes of distribution and migration of long-living radioactive nuclides of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in the soil of the eluvial component of the lake Kozhakul catchment area.

Keywords: soil, radionuclide, migration

Conference participants

РАДИОНУКЛИДНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ ВОДОСБОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ ОЗЕРА КОЖАКУЛЬ

Парфилова Н.С.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.
Челябинский государственный педагогический университет, Россия^{1,2,3,4}
Уральский научно-практический центр радиационной медицины Федерального медико-биологического агентства, Россия⁵

Исследование посвящено анализу процессов распределения и миграции долгоживущих радионуклидов ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в почве элювиального компонента водосборной территории озера Кожаккуль.

Ключевые слова: почва, радионуклид, миграция

Участники конференции

Поступление антропогенных радионуклидов в природные и аграрные экосистемы является следствием деятельности человека: ядерных испытаний и радиационных аварий, а также нормализованных выбросов предприятий атомной промышленности и ядерной энергетики [1].

Особое место занимает рассмотрение случаев локального загрязнения территорий, когда радиоактивному загрязнению могут быть подвергнуты значительные площади. При этом, необходимо изучение миграции радионуклидов и оценка опасности вторичного загрязнения прилегающей территории за счет перераспределения и выноса радионуклидов из первоначального очага загрязнения [2].

Одним из наиболее загрязненных радионуклидами районов России является Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС), образованный прохождением радиоактивного облака и выпадением долгоживущих радионуклидов вследствие аварий на ПО «Маяк».

Радионуклидная нагрузка на почвенный покров во время формирования следа определялась гидрометеорологическими условиями и удаленностью территории от источника эмиссии. В формировании радиационной обстановки основную роль стали играть радиоактивный распад и особенности ландшафтно-геохимической миграции загрязнителей [3].

Чрезвычайно актуальным представляется исследование миграции, накопления и распределения радионуклидов в крупных водных биогеоценозах, подвергшихся воздействию предприятий ядерного топливного цикла [4].

Почва является одним из основных звеньев наземных пищевых цепей. Все поступающие вещества включаются в биогеохимические процессы. На данном этапе представляет интерес рассмотрение особенностей распределения радионуклидов в почвенном покрове в период стабилизации радиоактивных выпадений из атмосферы [5].

Целью настоящей работы является оценка особенностей профильной миграции радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в почвах водосборной территории озера Кожаккуль.

Основные требования, лежащие в основе отбора проб на радиохимический анализ, определяются необходимостью полной оценки распределения радионуклидов и чувствительностью используемых физических и радиохимических способов их детекции. Определение места закладки почвенных разрезов основывалось на исследовании особенностей ландшафтных катен [6] и вычленении в них элювиальных и супераквальных позиций. Выбор места закладки почвенного разреза на элювиальных позициях проводился с учетом особенностей рельефа и почвенно-растительных условий территории. Разре-

зы закладывались на плакоре, что обеспечивало отсутствие непосредственного воздействия грунтовых вод и гарантировало преобладание элювиальных процессов.

Пробоподготовку и анализ физико-химического состава почв проводили на базе лаборатории физико-химических методов исследований Челябинского государственного педагогического университета. Определение физико-химических показателей проводили по стандартным методикам [7].

Определение ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr проводили на базе ФГБУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины Федерального медико-биологического агентства (г. Челябинск). Для определения удельной активности ¹³⁷Cs в образцах почв использовали инструментальные методы. Измерения проводили на гамма-спектрометре фирмы «Canberra Packard» (США) с германиевым полупроводниковым детектором с эффективностью 25% при ошибке измерения не более 15% и нижнем пределе обнаружения 1 Бк/г [8].

Для определения удельной активности ⁹⁰Sr проводилось измерение β-активности выделенного химически чистого осадка оксалата стронция на малофоновой установке типа УМФ-1500 (Россия) или УМФ-2000 (Россия) с нижним пределом обнаружения 1,0 и 0,4 Бк/кг. Статистическая ошибка измерения не превышала в каждом случае 15 и 10% соответственно [9].

Основные показатели рассчитывали на сухую почву, то есть к почве, высушенной при 100–105 °С. Полученные результаты подвергались обработке методами статистического анализа с использованием программного обеспечения MS Excel, SigmaPlot.

Озеро Кожаккуль принадлежит к озерам верхнего течения реки Теча. Солончатое озеро Кожаккуль расположено в грядко-холмистом сильно выровненном рельефе восточного склона Южного Урала. В административном отношении озеро относится к территории Кунашакского района Челябинской области. Данная территория расположена в лесостепной зоне Зауралья и Западно-Сибирской равнины, подзоне северной лесостепи[10].

Элювиальные почвенные разрезы озера Кожаккуль выявили серые лесные почвы (заложен в 800 м от берега в березовом пролеске, с одной стороны дорога, с другой – поле и ЛЭП) и черноземные почвы, оглиненные. Для этих почвенных разрезов характерен непромывной или периодически промывной режим. Такие условия могут быть приравнены к плакорам, вынос веществ с которых (в том числе ^{90}Sr и ^{137}Cs) затруднен[11].

Физико-химический анализ показал, что рассматриваемые почвы характеризуются значением pH водной и солевой вытяжек в слабнокислой и кислой области, что характерно для серых лесных почв. По характеру профильного изменения реакции среды (pH водн.) наблюдается незначительное подкисление с глубиной. Основными катионами, насыщающими почвенно-поглощительный комплекс, являются ионы кальция и магния, чаще преобладает кальций. Общее содержание органического вещества и гуминовых веществ в исследуемых почвах уменьшается в глубину почвенного профиля. Исследуемые почвы относятся к фульватно - гуматному типу.

Анализируя диаграмму изменения удельной активности ^{90}Sr по разрезу, можно отметить, что максимальная удельная активность радионуклида составляет 234 Бк/кг сухой массы в верхнем 2,5-сантиметровом слое (подстилка) и характер убывания удельной активности близок к линейной зависимости. Убывание радионуклида начинается с A_1 . В горизонте С, кото-

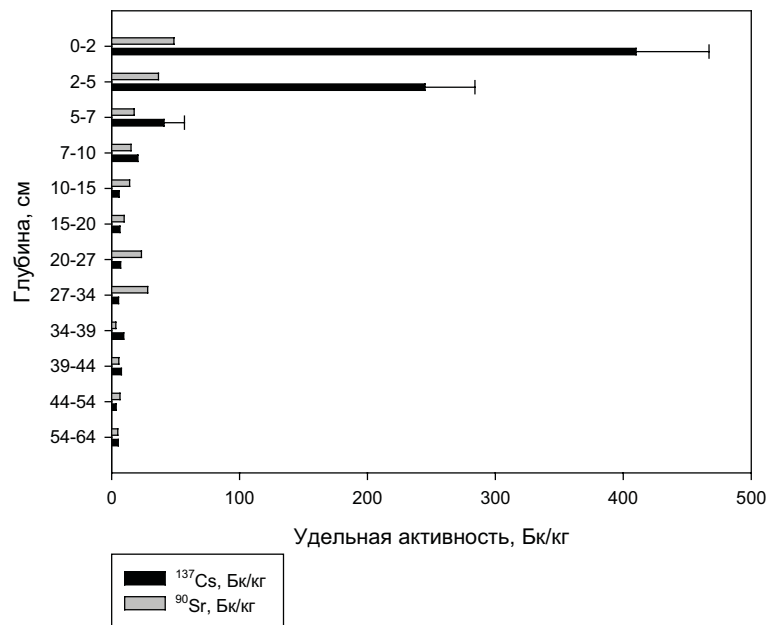


Рис. 1. Вертикальное распределение удельной активности долгоживущих радионуклидов в элювиальном почвенном компоненте (Se) водосбора озера Кожаккуль

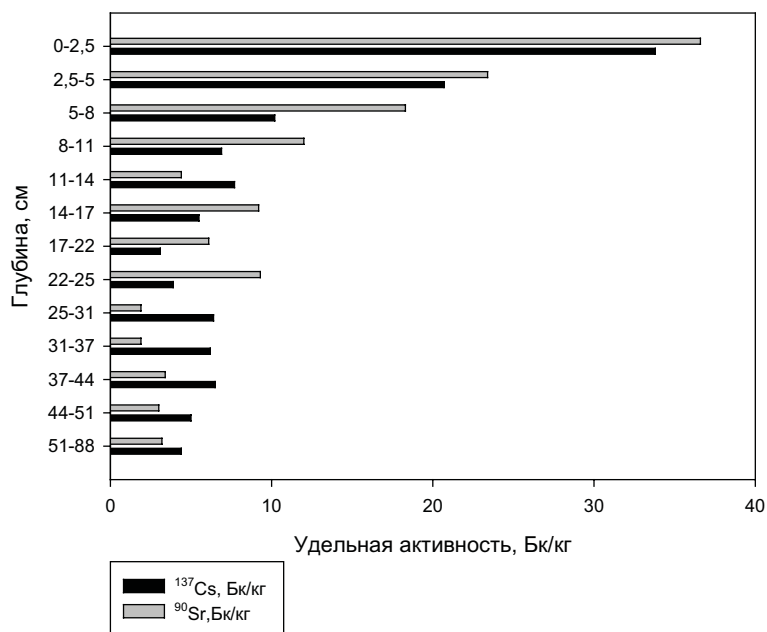


Рис. 2. Распределение удельной активности долгоживущих радионуклидов в элювиальном почвенном компоненте (SE) водосбора озера Кожаккуль

рый представлен легким суглинком, удельная активность ^{90}Sr составляет 6,3 Бк/кг сухой массы. Максимальное содержание ^{137}Cs также отмечается в подстилке (1113 Бк/кг сухой массы), снижаясь к горизонту A_2 до 4,8 Бк/кг сухой массы. Изменение удельной

активности ^{137}Cs по всем горизонтам носит также закономерный характер: содержание данного радионуклида равномерно уменьшается с уменьшением органических веществ по глубине почвенного профиля[12].

На рис. 1 представлены данные по

распределению долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в глубь элювиального почвенного профиля (Se).

Анализ кривых распределения радионуклидов по профилю почвенных разрезов элювиального ландшафтного элемента водосбора озера Кожаккуль, показывает, что пик содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs приходится на гумусовые горизонты (A_1) почв, где образуются их малоподвижные соединения [13, 14]. Запас радионуклидов в подстилке и верхнем слое почвы постоянно пополняется за счет растительного опада. Опад в свою очередь, загрязняется за счет осаждения атмосферных выпадений и за счет выноса радионуклидов корневой системой в наземную массу, а так же миграционная активность цезия -137 в почвах зависит от pH среды. В кислых почвах подвижность изотопа возрастает, что можно объяснить сдвигом равновесия обмена с ионами водорода[2].

На рис. 2 представлены данные по распределению долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в глубь элювиального почвенного профиля (Se/).

Анализируя график изменения удельной активности ^{90}Sr по элювиальному разрезу (Se/), можно отметить, что максимальная удельная активность радионуклида составляет около 36,6 Бк/кг сухой массы в верхнем 2,5-сантиметровом слое (подстилка) (рис. 2) и характер убывания удельной активности близок к линейной зависимости. Убывание радионуклида начинается с границы A_1 . В горизонте B_2 , который представлен тяжёлым суглинком, удельная активность ^{90}Sr составляет 3,2 Бк/кг сухой массы. Максимальное содержание ^{137}Cs отмечается в подстилке (33,8 Бк/кг сухой массы), снижаясь к горизонту B_2 до 4,4 Бк/кг сухой массы.

Таким образом:

Почвы водосборной территории озера Кожаккуль элювиальных позиций обладают слабокислой реакцией среды. Основными ионами насыщающими почвенно-поглощительный комплекс, являются Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Основным радионуклидом, вносящим вклад в радиоэкологическое загрязнение почв, на современном этапе является ^{137}Cs , что, возможно, связано с вкладом в антропогенное загрязнение ветрового разноса радионуклида с берегов озера Карачай.

Изучение вертикального распределения удельной активности радионуклидов по почвенным профилям показало, что за период, прошедший с момента загрязнения, радионуклиды мигрировали на значительную глубину (более 80 см).

Пик максимальной активности радионуклидов приходится на почвенную подстилку и подподстилочные слои, характеризующиеся максимумом накопления органического вещества. По глубине разреза происходит монотонное убывание удельной активности, что может быть связано с уменьшением содержания органического вещества, слабым промывным режимом, а также с повышением кислотности почвы по глубине.

References:

1. Sanzharova N.I., Sysoeva A.A., Isamov N.N. (ml.), Aleksakhin R.M., Kuznetsov V.K., Zhigareva T.L. Rol' khimii v reabilitatsii sel'skokhozyaistvennykh ugodii, podvergshikhsya radioaktivnomu zagryazneniyu. Rossiiskii khimicheskii zhurnal (Zhurnal Rossiiskogo khimicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva) [The role of Chemistry in the rehabilitation of agricultural areas affected by radioactive contamination. Russian Chemical Journal (Journal of the Russian Chemical Society n.a. D.I. Mendeleev)]. 2005. T. XLIX., No. 3., pp. 26-34
2. Vostochno-Ural'skii radioaktivnyi sled (sbornik statei, posvyashchennyi posledstviyam avarii 1957 goda na PO «Mayak») [East-Ural Radioactive Trace (collection of articles on the impact of the accident in 1957 at the «Mayak»)] Edited by A.V. Akleeva and M.F. Kiseleva. - Chelyabinsk., 2012. - 352 p.
3. Sovremennoe sostoyanie nazemnykh ekosistem Vostochno-Ural'skogo radioaktivnogo sleda: urovni zagryazneniya, biologicheskie efekty [Current state of terrestrial ecosystems of the Eastern Ural Radioactive Trace: pollution levels, biological effects] V.N. Pozolotina, I.V. Molchanova, E.N. Karavaeva, L. Mikhailovskaya. E.V. Antonova. - Ekaterinburg., Publishing House «Goshchitskii», 2008. - 204 p.
4. Trapeznikov, A.V. Presnovodnaya radioekologiya [The freshwater radioecology] A.V. Trapeznikov, V.N.

Trapeznikova. - Ekaterinburg., Publisher «AkademNauka», 2012. - 544 p.

5. Trapeznikov A.V. Migratsiya radionuklidov v presnovodnykh i nazemnykh ekosistemakh [Migration of radionuclides in freshwater and terrestrial ecosystems] A.V. Trapeznikov, I.V. Molchanova, E.N. Karavaeva, V.N. Trapeznikova. - Yekaterinburg., Publisher Ural university, Tom II., 2007. - 400 p. illustrated 16 p.

6. Glazovskaya M.A. Obshche pochvovedenie i geografiya pochv [General soil science and soil Geography] - Moskva; High school, 1981. - 400 P.

7. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Guidance on chemical analysis of soil] - Moskva., Publisher Mosk.university, 1970. - 487 p.

8. Metodika vypolneniya izmerenii udel'noi aktivnosti gammaizluchayushchikh radionuklidov v probakh ob'ektov vneshnei sredy. Svidetel'stvo № Ch 147/2002 ob attestatsii metodiki vypolneniya izmerenii. Gos. kom. RF po standartizatsii i metrologii [Methods of measuring the specific activity of gamma-emitting radionuclides in samples of environmental objects. The Certificate Ch 147/2002 on certification of measurement procedures. RF State Committee for Standardization and Metrology]., 2002.

9. Metodika vypolneniya izmerenii udel'noi aktivnosti tseziya-137 i strontsiya-90 v pochvakh i donnykh otlozheniyakh. Svidetel'stvo № Ch 150/2002 ob attestatsii metodiki vypolneniya izmerenii / Gos. kom. RF po standartizatsii i metrologii [Methods of measuring the specific activity of cesium-137 and strontium-90 in soils and sediments. The Certificate Ch 150/2002 on certification methods for measuring. State Committee of the Russian Federation for Standardization and Metrology] 2002.

10. Baranov V.Yu. Issledovanie izmenchivosti formy tela rechnogo okunya (Perca Fluviatilis Linnaeus, 1758) iz zagryaznennykh radionuklidami vodoemov metodami geometricheskoi morfometrii [The study of river perch (Perca Fluviatilis Linnaeus, 1758) body shape variability in contaminated ponds using geometric morphometrics methods]., V.Yu. Baranov, A.I. Smagin, M.V. Chibiriyak., Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo tsentra [Bulletin of the Chelyabinsk Scientific

Center], Issue. 3(33), 2006., pp. 104-108

11. Priroda Chelyabinskoi oblasti [Nature of Chelyabinsk region] edited by M.A. Andreevoi. – Chelyabinsk., Publisher ChGPU, 2000; - 269 p.

12. Kablova K.V., Parfilova, N.S., Sutyagin, A.A., Men'shenin, A.N. Osobennosti soderzhaniya i raspredeleniya dolgozhivushchikh radionuklidov strontsiya-90 i tseziya-137 v komponentakh pochv vodosbornykh territorii ozer Malye Kirpichiki i Kozhakul' / Radioaktivnost' i radioaktivnye elementy v srede obitaniya cheloveka: materialy IV Mezhdunarodnoi konferentsii (Tomsk, 4-8 iyunya 2013 g.); Tomskii politekhnicheskii universitet. - Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta [Peculiarities of content and distribution of long-lived strontium-90 and cesium-137 in soil components of catchment areas of lakes Malye Kirpichiki and Kozhakul. Radioactivity and radioactive elements in the human environment: Proceedings of the IV International Conference (Tomsk, June 4-8, 2013); Tomsk Polytechnic University.] – Tomsk., Publishing house of Tomsk Polytechnic University, 2013., pp. 227-230.

13. Pavlotskaya F.I. O svyazi strontsiya-90 s razlichnymi fraktsiyami organicheskogo veshchestva pochv [On the connection between strontium-90 with the various factions organic matter in the soil], F.I. Pavlotskaya, G.N. Arnavtov, M.I. Blokhina; Gos. kom. po ispol'zovaniyu atomnoi energii SSSR [The USSR State Committee on the Atomic Energy Utilization] – Moskva, 1973. - 18 p.

14. Pavlotskaya F.I. Otnositel'naya podvizhnost', sostoyanie i formy nakhozheniya strontsiya-90, stabil'nogo strontsiya i kal'tsiya v pochvakh [Relative mobility, status and mode of occurrence of strontium-90, stable strontium and calcium in the soil], F.I. Pavlotskaya; Gos. kom. po ispol'zovaniyu atomnoi energii SSSR [The State Committee on the Utilization of Atomic Energy of the USSR]. – Moskva., 1973. - 38 p.

Литература:

1. Санжарова Н.И., Сысоева А.А., Исамов Н.Н. (мл.), Алексахин Р.М., Кузнецов В.К., Жигарева Т.Л. Роль химии в реабилитации сельскохозяйственных угодий, подвергшихся радиоактивному

загрязнению// Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). 2005. Т XLIX. № 3 – с. 26-34

2. Восточно-Уральский радиоактивный след (сборник статей, посвященный последствиям аварии 1957 года на ПО «Маяк») / Под редакцией А.В. Аклеева и М.Ф. Киселева. Челябинск. 2012.-352 с.

3. Современное состояние наземных экосистем Восточно-Уральского радиоактивного следа: уровни загрязнения, биологические эффекты/ В.Н. Позолотина, И.В. Молчанова, Е.Н. Караваева, Л. Михайловская. Е.В. Антонова. Екатеринбург: Изд-во «Гощицкий», 2008. - 204 с.

4. Трапезников, А.В. Пресноводная радиоэкология/ А.В. Трапезников, В.Н. Трапезникова//Екатеринбург: Изд-во «АкадемНаука», 2012.-544 с.

5. Трапезников, А.В. Миграция радионуклидов в пресноводных и наземных экосистемах/ А.В. Трапезников, И.В. Молчанова, Е.Н. Караваева, В.Н. Трапезникова. Том II.- Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007.- 400 с. илл. 16 с.

6. Глазовская М.А. Общее почвоведение и география почв. М.: Высш. шк., 1981. – 400 с.

7. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.

8. Методика выполнения измерений удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в пробах объектов внешней среды. Свидетельство № Ч 147/2002 об аттестации методики выполнения измерений / Гос. ком. РФ по стандартизации и метрологии. 2002

9. Методика выполнения измерений удельной активности цезия-137 и стронция-90 в почвах и донных отложениях. Свидетельство № Ч 150/2002 об аттестации методики выполнения измерений / Гос. ком. РФ по стандартизации и метрологии. 2002.

10. Баранов, В.Ю. Исследование изменчивости формы тела речного окуня (Perca fluviatilis Linnaeus, 1758) из загрязненных радионуклидами водоемов методами геометрической морфометрии/ В.Ю. Баранов, А.И. Смагин, М.В. Чибиряк. Известия Челябинского научного центра, вып. 3(33), 2006.- с. 104-108

11. Природа Челябинской области / под ред. М.А. Андреевой. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. - 269 с.

12. Каблова, К.В., Парфилова, Н.С., Сутягин, А.А., Меньшенин, А.Н. Особенности содержания и распределения долгоживущих радионуклидов стронция-90 и цезия-137 в компонентах почв водосборных территорий озер Малые Кирпичики и Кожакул' / Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы IV Международной конференции (Томск, 4-8 июня 2013 г.); Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.- с. 227-230.

13. Павлоцкая, Ф.И. О связи стронция-90 с различными фракциями органического вещества почв / Ф.И. Павлоцкая, Г.Н. Арнаутков, М.И. Блохина; Гос. ком. по использованию атомной энергии СССР. – М., 1973. – 18 с.,

14. Павлоцкая Ф.И. Относительная подвижность, состояние и формы нахождения стронция-90, стабильного стронция и кальция в почвах / Ф.И. Павлоцкая; Гос. ком. по использованию атомной энергии СССР. – М., 1973. – 38 с.

Information about authors:

1. Nadezhda Parfilova - Postgraduate student, Chelyabinsk State Pedagogical University; address: Russia, Chelyabinsk city; e-mail: parfilovanadezhda@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 Sutyagin - 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