

Добыча первичных природных ресурсов

УДК 574.3

Е.Н. Рыбаков, Д.С. Тягунов

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ОЗЕР УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА ТЕХНОГЕННЫМ РАДИОНУКЛИДОМ ПО ДОННЫМ И ПОЙМЕННЫМ ОТЛОЖЕНИЯМ

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования радиационного загрязнения цезием-137 донных и пойменных отложений водоемов Свердловской и Челябинской областей. Целью работы было определение в открытых непроточных водоемах величины их загрязнения за счет миграции радионуклида (цезий-137) с водосборной территории вследствие событий, произошедших в Уральском регионе в период 1953-1980 гг. Для определения величины цезия-137 в донных и пойменных отложениях пробы отбирались весом не менее 1 кг. Гамма-спектрометрические измерения проводились с помощью спектрометра «Гамма 1С» с блоком детектирования УДС-Г-63×63-USB в камере низкого фона. По результатам гамма-спектрометрических измерений изотоп цезия-137 был обнаружен в пойме и илах всех исследуемых озер. Установлено, что активность проб с пойменных участков всех исследуемых озер существенно превышает активность иловых отложений. Показано, что в условиях загрязненности цезием-137 иловых отложений и пойменных участков исследованных озер прослеживается её зависимость с расстоянием от источника радиоактивного загрязнения, которым является ПО «Маяк».

Ключевые слова: озера, донные отложения, удельная активность, цезий-137, ил, радиоактивность, радиэкология, миграция.

Для цитирования: Рыбаков Е.Н., Тягунов Д.С. Исследование загрязненности озер уральского региона техногенным радионуклидом по донным и пойменным отложениям // Управление техносферой: электрон. журнал. 2019. Т. 2. Вып. 1. URL: <http://f-ing.udsu.ru/technosphere>

Введение

Радиоактивное загрязнение территорий по-прежнему является одной из наиболее важных экологических проблем, особенно Уральского региона, который испытывает на себе самые разнообразные по генезису радиационные воздействия. Помимо природного радиационного фона, создаваемого естественными радионуклидами, дополнительную нагрузку на регион вызывает техногенное радиоактивное загрязнение.

Техногенное радиоактивное загрязнение на Урале связано в основном с испытаниями ядерного оружия на Семипалатинском (1953 г.) и Тоцком (1954 г.)

полигонах, авариями на ПО «Маяк» (1957 г.) и Чернобыльской АЭС (1986 г.) [1-5]. Кроме этого, дополнительное заражение территории Южного Урала (1967 г.) произошло за счет ветровой эрозии радиоактивной пыли с оголенной от засухи береговой полосы озера Карачай, в которое ранее сливались жидкие радиоактивные отходы ПО «Маяк» [2]. Причем, количество выпадающих из атмосферы радиоактивных загрязнений, в связи с естественным орографическим барьером (горный хребет), было существенно выше по сравнению с равнинными территориями.

С течением времени в результате смыва дождевыми и талыми водами произошло перераспределение и миграция радионуклидов в пониженные участки рельефа местности, что привело к увеличению радиоактивного загрязнения пойменных участков и донных отложений рек и озер [6]. Исследование донных отложений позволяет проследить распространение и переотложение радиоактивных загрязнений, изучить динамику накопления загрязнений за длительный период времени [7]. В связи с этим нами были проведены исследования радиационного загрязнения донных и пойменных отложений водоемов (озер) Свердловской и Челябинской областей и выявления в них изотопа цезия-137 с целью определения величины загрязнения открытых непроточных водоемов за счет миграции данного радионуклида с водосборной территории.

Аппаратура и методика измерений

Отбор проб осуществлялся с помощью пробоотборника, представляющего собой небольшой цилиндрический резервуар, на дне которого имеются отверстия для просачивания воды. Пробоотборник позволяет отбирать пробы ила с глубины до 4 м. С помощью GPS-60 *Garmin* на месте отбора каждой пробы определялись географические координаты. Для контроля общего гамма-фона на берегу озер с помощью контрольно-измерительного сцинтилляционного радиометрического прибора СРП-88 определялась мощность экспозиционной

дозы.

Подготовка отобранных образцов к измерениям проводилась таким образом, что каждая проба высушивалась в муфельной печи при температуре ~ 105 °С. Для обнаружения цезия-137, высушенная проба измельчалась, взвешивалась и насыпалась в сосуд Маринелли. Гамма-спектрометрические измерения проводились с помощью спектрометра «Гамма 1С» с блоком детектирования УДС-Г-63×63-USB в камере низкого фона. В качестве защиты от внешнего излучения использовался экран из Pb = 45 мм; Cd = 3 мм; Cu = 0,5 мм. Гамма-спектры обрабатывались с помощью программного обеспечения *SpektraLine*. Минимальная измеряемая активность по цезию-137 составила 1.5 Бк/кг.

С течением времени поверхностное радиоактивное загрязнение за счет смыва дождевыми и талыми водами переносится ручьями и протоками в водоемы, где может аккумулировать в донных отложениях. В устьях этих протоков осуществлялся выбор места отбора проб. При этом донные отложения (ил) отбирались на расстоянии ~ 15 м от кромки воды. Выбор самих озер осуществлялся из расчета загрязненности территории за счет событий, произошедших в Уральском регионе в период 1953-1980 гг. прошлого столетия.

Кроме донных отложений исследуемых озер отбирались пробы с пойменных участков, чтобы сравнить их с илами. Из-за неоднородности морфологии прибрежной части пробы отбирались с разных берегов озер, каждая весом не менее 1 кг. Отбор образцов производился до глубины 20 см.

Область исследования

Отбор проб осуществлялся по профилю Челябинск-Екатеринбург через ПО «Маяк». Было предположение, что загрязнение озер, лежащих вдоль этого профиля, могло произойти за счет пылевого облака, образовавшегося вследствие испытаний на Семипалатинском полигоне и которое могло осесть на восточном склоне Уральских гор, аварии на ПО «Маяк» и ветровой эрозии радиоактивной

пыли с озера Карачай. При этом озера, которые попадают в группу Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС), и прибрежная часть озера Карачай нами не исследовались, поскольку эти озера исследуются радиоэкологическими службами [8]. Таким образом, в область исследования попали четыре озера юго-восточнее Челябинска (Курлады, Селезян, Идгильды, Буташ), два озера севернее Челябинска (Агашкуль, Урефты), одно озеро южнее ПО «Маяк» (Увильды), три озера (Иткуль, Сунгуль, Иртяш) и одно водохранилище (Верхнемакаровское) севернее ПО «Маяк» (см. рис.).

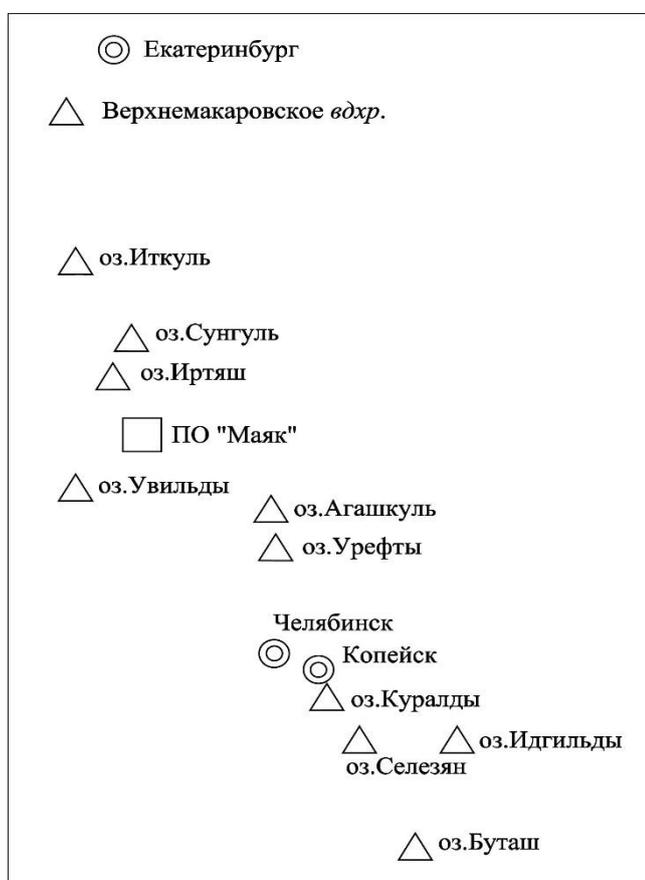


Рис. Карта-схема расположения исследуемых озер и водохранилища

Результаты и их обсуждение

По результатам гамма-спектрометрических измерений отобранных проб изотоп цезия-137 был обнаружен в пойме и илах всех исследуемых озер. При этом активность проб с пойменных участков всех исследуемых озер

существенно превышает активность иловых отложений (см. табл.). В качестве возможных этому объяснений могут служить наличие органики с большой сорбционной способностью и «прибойная» активность береговой части озер. Отметим, что исключением оказалось Верхнемакаровское водохранилище. В донных отложениях данного водоема цезий-137 обнаружен не был. Это можно объяснить тем, что разными типами грунта (отложений) в точках отбора проб цезий-137 отличается в степени поглощения, так как данный радионуклид характеризуется разной сорбционной способностью накапливаться глинистыми минералами и природными органическими образованиями (торф, сапропели и др.).

Таблица

Результаты исследования озер Уральского региона

Название озер	GPS- координаты с.ш. и в.д.	Мощность экспозиционной дозы (мкР/ч)	Активность Cs- 137 в пойме Бк/кг	Активность Cs-137 в илах Бк/кг
Верхнемакаровское водохранилище	N 56.37470 E 60.22124	6	31,4	не обнаружен
Иткуль	N 56.16371 E 60.47408	10	20	6,5
Сунгуль	N 55.98234 E 60.70485	13	31.5	19,4
Иртяш	N 55.86670 E 60.70066	5	24	9
Увильды	N 55.54704 E 60.53877	17,5	62	22
Агашкуль	N 55.47152 E 61.35860	16	26	17
Урефты	N 55.42196 E 61.40129	13	62	40
Курлады	N 55.05938 E 61.65886	7,5	17	15
Селезян	N 54.93263 E 61.81716	6,75	18	6,7
Идгильды	N 54.93258 E 62.21723	9,5	11	5
Буташ	N 54.61082 E 62.08797	8	12	10

Заметим, что Верхнемакаровское водохранилище является вспомогательным гидротехническим каскадом Екатеринбурга для поставки в город питьевой и промышленной воды, и для окончательной оценки его загрязненности техногенными радионуклидами необходимо провести дополнительные исследования.

Из полученных результатов следует, что по мере удаления в северном и юго-восточном направлении от ПО «Маяк» обнаруженные удельные активности цезия-137 в пойме и илах, мощность экспозиционной дозы заметно снижаются. В северном направлении наличие цезия-137 может быть вызвано миграцией радионуклида во время аварии на ПО «Маяк». Со стороны Екатеринбурга повышенные удельные активности изотопа могут быть связаны с радиоактивными осадками (в виде дождя) вследствие Чернобыльской аварии, что отразилось в пойме Верхнемакаровского водохранилища. Согласно работам [4, 5], последствия Чернобыльской аварии 1986 г. оставили отпечаток на Среднем Урале, где восточная ветвь Чернобыльского следа могла пройти по территории, на которой располагается Верхнемакаровское водохранилище. В юго-восточном направлении наличие в пробах цезия-137 мы связываем с испытаниями ядерного оружия на Семипалатинском и Тоцком полигонах, в результате которых исследуемая нами территория была подвержена радиоактивным осадкам.

Несмотря на то, что прошло два периода полураспада по цезию-137 (распалось ~75%) с момента радиоактивного загрязнения, приведенные в статье результаты указывают на необходимость в качестве мер по защите здоровья населения организовать ежегодный радиационный мониторинг. С точки зрения экологической безопасности задачами радиационного мониторинга должны стать контроль общего гамма-фона, переноса и вторичного накопления цезия-137 в донных и пойменных отложениях открытых непроточных водоемов, а также контроль за возможным последующим радиоактивным загрязнением данной территории. С течением времени накопленные данные такого

мониторинга позволят сделать оценку и прогноз по перераспределению и аккумуляции цезия-137 в окружающей среде.

Выводы

В условиях загрязненности цезием-137 иловых отложений и пойменных участков исследованных озер Челябинской области прослеживается её зависимость с расстоянием от источника радиоактивного загрязнения, которым является ПО «Маяк». На Среднем Урале наличие в пробах цезия-137 может быть связано с Чернобыльским следом, требующего отдельного изучения. Измерение мощности экспозиционной дозы не выявило значимых результатов и варьируется в пределах 5 – 17,5 мкР/ч, что соответствует природному фону в этой местности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радиационная обстановка в Уральском регионе России / В.В. Довгуша [и др.]. Санкт-Петербург: Балт-Норд., 2000. Ч.1. 103 с.
2. Литовский В.В. Естественно-историческое описание исследований окружающей среды на Урале. Екатеринбург: Урал. ун-т, 2001. 476 с.
3. Израэль Ю.А. Радиоактивное загрязнение природных сред в результате аварии на Чернобыльской атомной станции. М.: Изд-во «Комтехпринт», 2006. 28 с.
4. Особенности радиационной обстановки на Урале / В.И. Уткин [и др.]. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 150 с.
5. Чурсин А.В., Евстигнеев А.В. Влияние Чернобыльской аварии на территории Свердловской области // НТО «Горное»: материалы науч.-практ. конф. ЕС НИО, НТО «Горное». Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 46–48.
6. Тягунов Д.С., Рыбаков Е.Н. Исследование радиоактивного загрязнения донных отложений реки Исеть в Екатеринбурге // Геоэкология. 2015. № 1. С. 91 – 94.
7. Уткин В.И., Юрков А.К. Особенности распространения и переотложения радиоактивного загрязнения в водной среде // НТО «Горное»: материалы науч.-практ. конф. ЕС НИО, Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 31–33.

8. Атлас Восточно-Уральского и Карачаевского радиоактивных следов, включая прогноз до 2047 года / под ред. Ю.А. Израэля. М.: ИГКЭ Росгидромета и РАН, Фонд «Инфосфера» НИА – Природа, 2013. 140 с.

Поступила в редакцию 04.02.2019

Сведения об авторах

Рыбаков Евгений Николаевич

кандидат технических наук, научный сотрудник Института геофизики УрО РАН, 620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена 100.

E-mail: ee-66@mail.ru

Тягунов Дмитрий Сергеевич

кандидат технических наук, научный сотрудник Института геофизики УрО РАН, 620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена 100.

E-mail: tds-07@mail.ru

E.N. Rybakov, D.S. Tyagunov

**THE STUDY OF POLLUTION OF LAKES OF THE URAL REGION
TECHNOGENIC RADIONUCLIDE ACCORDING BOTTOM AND
FLOODPLAIN SEDIMENTS**

Annotation The article presents the results of the study of radiation contamination with cesium-137 bottom and floodplain sediments of reservoirs of Sverdlovsk and Chelyabinsk regions. The aim of the work was to determine in open non-flowing water bodies the magnitude of their pollution due to the migration of radionuclide (cesium-137) from the catchment area due to the events that occurred in the Ural region in the period 1953-1980. To determine the caesium-137 value in bottom and floodplain sediments, samples were taken weighing at least 1 kg. Gamma-spectrometric measurements were carried out using a spectrometer «Gamma 1C» with a detection unit UDS-G-63×63-USB in a low background chamber. According to the results of gamma-spectrometric measurements, the isotope cesium-137 was found in the floodplain and silt of all the lakes under study. It was found that the activity of samples from the floodplain areas of all studied lakes significantly exceeds the activity of silt deposits. It is shown that in the conditions of contamination of cesium – 137 silt deposits and floodplain areas of the studied lakes, its dependence on the distance to the source of radioactive contamination is traced which is the PO «Mayak».

Keywords: lakes, bottom sediments, specific activity, cesium-137, silt, radioactivity, radioecology, migration.

For citation: Rybakov E.N., Tyagunov D.S. [The study of pollution of lakes of the Ural region technogenic radionuclide according bottom and floodplain sediments]. *Upravlenie texnosferoj*, 2019, vol. 2, issue 1. (In Russ) Available at: <http://f-ing.udsu.ru/technosphere>

REFERENCES

1. Dovgusha V.V., Tixonov M.M., Reshetov V.V. etc. *Radiatsionnaya obstanovka v Ural'skom regione Rossii* [Radiation situation in the Ural region of Russia]. Sankt-Petersburg: Balt-Nord, P.1, 2000, 103 p. (In Russ).
2. Litovskiy V.V. *Estestvenno-istoricheskoye opisaniye issledovaniy okruzhayushchey sredy na Urale* [Natural-history description of environmental research in the Urals]. Ekaterinburg: Uralskiy Universitet, 2001, 476 p. (In Russ).
3. Izrael' YU.A. *Radioaktivnoye zagryazneniye prirodnykh sred v rezul'tate avarii na CHernobyl'skoy atomnoy stantsii* [Radioactive contamination of natural environments as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant]. Moscow: Publishing house "Komtehprint", 2006, 28 p. (In Russ.)
4. Utkin, V.I., Chebotina, M.Ya, Evstigneev A.V. etc. *Osobennosti radiatsionnoy obstanovki na Urale* [Features of the radiation situation in the Urals]. Ekaterinburg: Uro RAS, 2004, 150 p. (In Russ).
5. CHursin A.V., Evstigneyev A.V. [Influence of the Chernobyl accident in the territory of Sverdlovsk region]. *NTO «Gornoye»: materialy nauch.-prakt. konf., ES NIO, NTO "Mountain": materials of the scientific.- prakt. conf. EU neo.* Ekaterinburg: UrO RAN, 1997, pp. 46–48. (In Russ).
6. Tyagunov D.S., Rybakov E.N. *Issledovaniye radioaktivnogo zagryazneniya donnykh otlozheniy reki Iset' v Ekaterinburge* [Investigation of radioactive contamination of bottom sediments of the Iset river in Yekaterinburg], *Geoekologiya*, 2015, no. 1, pp. 91 – 94. (In Russ).
7. Utkin V.I., YUrkov A.K. [Features of the spread and re-deposition of radioactive contamination in the aquatic environment], *NTO «Gornoye»: materialy nauch.-prakt. konf., ES NIO, NTO "Mountain": materials of the scientific.- prakt. conf. EU neo.* Ekaterinburg: UrO RAN, 1997, pp. 31 – 33. (In Russ).
8. *Atlas Vostochno-Ural'skogo i Karachayevskogo radioaktivnykh sledov, vklyuchaya prognoz do 2047 goda* [Atlas of East-Ural and the Karachai radioactive trace, including a projection of up to 2047], ed. by YU.A. Izrael. Moscow: IGCE of Roshydromet and RAS, the "InfoSphere" – NIA-Priroda, 2013, 140 p. (In Russ).

Received 04.02.2019

About the Authors*Rybakov Evgeny Nikolayevich*candidate of technical Sciences, researcher, Institute of Geophysics, Ural branch of RAS,
620016, Ekaterinburg, ul. Amundsen 100,E-mail: ee-66@mail.ru*Tyagunov Dmitry Sergeevich*candidate of technical Sciences, researcher, Institute of Geophysics, Ural branch of RAS,
620016, Ekaterinburg, ul. Amundsen 100,E-mail: tds-07@mail.ru