УДК 550.42:546.36

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦЕЗИЯ-137 В ПОЧВАХ ОКРЕСТНОСТЕЙ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ АРХАНГЕЛЬСКА, СЕВЕРОДВИНСКА И НОВОДВИНСКА

Баженов А.В., Кряучюнас В.В., Игловский С.А.

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лавёрова Российской академии наук, Архангельск, e-mail: abv-2009@yandex.ru

В докладах АМАР опубликованы основные уровни радиоактивного загрязнения циркумполярной области Северного полушария. Важно, что накопление радиоактивности происходит на контакте материк – океан. Поверхность арктической зоны имеет высокую степень самоочищения от радиоактивных выпадений. Загрязнение ее поверхности ^{137}Cs варьирует от 1000 до 2500 Бк/м^2. Сюда же попадает и Архангельская область. Территории с максимальным уровнем загрязнения – это норвежские и канадские берега, Британские о-ва и юг Аляски. В настоящей работе представлены результаты исследования техногенного ^{137}Cs в почвах окрестностей городских агломераций Архангельска, Северодвинска и Новодвинска. Установлено, что максимальные концентрации ^{137}Cs наблюдаются в верхних органических горизонтах, независимо от типа почвы. Иллювиальные горизонты и почвообразующие породы не накапливают техногенного ^{137}Cs. Из всех типов почв, преобладающих в окрестностях г. Архангельска, Северодвинска и Новодвинска, наиболее высокое содержание ^{137}Cs характерно для подзолистых и торфяно-болотных почв, где ^{137}Cs связывается с органическими веществами и теряет свою подвижность. Пойменные почвы не накапливают техногенной радиоактивности, что обусловлено высокой скоростью самоочищения, в результате вертикальной и горизонтальной миграции, под воздействием природных и антропогенных факторов. Геоморфологическое строение местности оказывает существенное влияние на пространственное распределение ^{137}Cs. По степени убывания активности ^{137}Cs в профилях почв, заложенных на различных типах рельефа, можно выстроить ряд: болота – моренные холмы и их склоны – пойма р. Северной Двины.

Ключевые слова: цезий-137, техногенная радиоактивность, почвы, Архангельск, Северодвинск, Новодвинск

RESULTS OF SOIL STUDY CESIUM-137 IN THE SOILS OF URBAN AGGLOMERATIONS OF ARKHANGELSK, SEVERODVINSK AND NOVODVINSK

Bazhenov A.V., Kryauchyunas V.V., Iglovskiy S.A.

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, e-mail: abv-2009@yandex.ru

The AMAP published the reports on the main levels of radioactive contamination of the Northern Hemisphere circumpolar region. It is important that the accumulation of radioactivity occurs at the contact between the continent and the ocean. The characteristic feature is the accumulation of technogenic radioactivity at the remote from the pole continent-ocean boundary. The surface of the Arctic zone has a high degree of self-purification from radioactive fallout. Contamination of its surface ^{137}Cs varies from 1000 to 2500 Bq / m^2. The Arkhangelsk region is also among the polluted areas. The areas with the highest level of pollution are the Norwegian and Canadian shores, the British Islands and the South of Alaska. This work presents the results of a study of technogenic ^{137}Cs in soils of the suburbs of urban agglomerations in Arkhangelsk, Severodvinsk and Novodvinsk. It was found that the maximum concentrations of ^{137}Cs are observed in the upper organic horizons regardless of the type of soil. Illuvial horizons and soil forming rocks do not accumulate technogenic ^{137}Cs. From all types of soils prevailing in the suburbs of the cities of Arkhangelsk, Severodvinsk and Novodvinsk the highest concentration of ^{137}Cs is typical to podzolic and peat bog soils where ^{137}Cs mingles with organic substances and loses its mobility. Floodplain soils do not accumulate technogenic radioactivity due to the high rate of self-purification as a result of vertical and horizontal migration under the influence of natural and anthropogenic factors. The geomorphological structure of the terrain has a significant influence on the spatial distribution of ^{137}Cs. By the degree of decrease of ^{137}Cs activity in the soils' profiles laid on different types of relief we could build a chain: bogs – morain hills and their slopes – Northern Dvina river floodplain.

Keywords: cesium-137, technogenic radioactivity, soils, Arkhangelsk, Severodvinsk, Novodvinsk

В материалах АМАР в 2010 г. [1] представлены уровни радиоактивного загрязнения арктической зоны Северного полушария. На рис. 1 представлена карта распределения суммарной активности ^{137}Cs в этом районе. Такое распределение радиоактивности возникло в результате многолетних выпадений от различных видов источников. Важно, что накопление радиоактивности происходит на контакте материк – океан. В Арктике накопление техногенных изотопов на суше значительно снижается.

Карта (рис. 1.1) показывает, что поверхность арктической зоны имеет высокую степень самоочищения от радиоактивных выпадений. Загрязнение ее поверхности ^{137}Cs варьирует от 1000 до 2500 Бк/м^2. Тер-

ритории с максимальным уровнем загрязнения – это норвежские и канадские берега, Британские о-ва и юг Аляски. Архангельскую область (рис. 1.2) можно считать территорией со слабым уровнем загрязнения техногенной радиоактивностью [1]. В материалах АМАР 2015 [2] приводится схема загрязнения ^{137}Cs почв Архангельской области. Высокий уровень загрязнения имеет территория Финляндии (до 10000 Бк/кг). Авторы указывают на происхождение радиоактивного загрязнения этой территории от Чернобыльской аварии.

Материалы и методы исследования

В результате экспедиционных работ в окрестностях г. Архангельска, Северодвинска и Новодвинска в период с 2005 по 2015 гг. было опробовано 240 точек, из них отобрано 722 почвенных образца (рис. 2). Техногенная радиоактивность проб определялась по методу геометрии Маринелли (1 л) на гамма-спектрометре «ПРОГРЕСС – 2000». Погрешность при таких измерениях ^{137}Cs составила от 10 до 30 % [3].

Результаты исследования и их обсуждение

В подзолистых, дерново-подзолистых и болотных почвах максимальные значения активности ^{137}Cs были определены нами в лесной подстилке. Горизонт A_o – 385,6 Бк/кг – разрез М-1 (дер. Лапоминка). Почва – подзолистая, суглинистая, отобрана в средней части полого-волнистого склона. Хвойный лес с примесью березы и ольхи. Напочвенный покров: хвойный и лиственный опад, папоротник Линника, редкие кусты брусники, мышиный горошек. Горизонт A_o – 375,6 Бк/кг – разрез С-7 (г. Северодвинск, болото Масляный мох, 1,5 км от Белого моря). Почва – торфяная, отобрана на верховом болоте (осушенном под строительство дачного кооператива), сформировавшемся на аллювиальных морских отложениях.

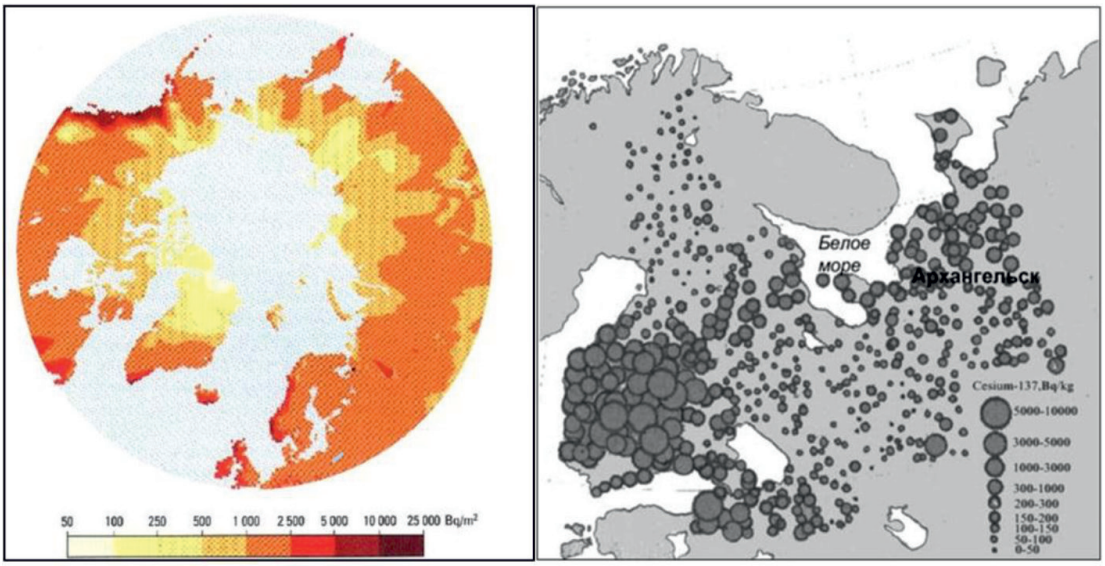
В гумусовом горизонте (A_oA_1, A_1, $A_{1т}$): горизонт A_oA_1 – 263,3 Бк/кг – разрез ВЛ-5 (5 км от дороги М8 на п. Васьково). Почва – подзолистая, суглинистая, отобрана на вершине моренного холма. Сосновый лес с примесью березы, осины и рябины. В напочвенном покрове черника, можжевельник, зеленомошник. Горизонт A_1 – 138,4 Бк/кг – разрез ВЛ-9 (1,5 км от дороги М8, в сторону п. Васьково). Почва дерново-подзолистая, суглинистая, отобрана в средней части пологого склона моренного холма. Горизонт $A_{1т}$ – 154,8 Бк/кг – разрез АС-6 (5 км трассы М8). Торфянистая почва, отобрана в пределах аллювиально-морской равнины в низменном сосновом лесу с примесью березы на границе с болотом. В надпочвенном покрове доминирует хвойный и лиственный опад, черника, брусника. В подзолистом горизонте (A_2) – 15,42 Бк/кг – разрез АЛ-1 (16 км железной дороги Исакогорка – Северодвинск). Почва дерново-подзолистая, супесчаная, на суглинках, отобрана на вершине моренного холма. Смешанный лес (ель, береза, осина). Напочвенный покров – лиственный и хвойный опад, лесное разнотравье. Для иллювиального горизонта в подзолистых и дерново-подзолистых почвах активность ^{137}Cs не превышает 3,4 Бк/кг, а в почвообразующей породе – 3,1 Бк/кг.

В торфяных горизонтах отмечены более высокие значения в горизонте T_1: 38,93 Бк/кг – разрез Лая-6, верховое болото в районе д. Рикасиха, 111,6 Бк/кг – разрез С-20 верховое болото в районе Кудьмозера, 40,9 Бк/кг – разрез С-24 верховое болото, оз. Кудьмозеро. В горизонте T_2 – 24,07 Бк/кг – разрез С-7, г. Северодвинск, болото Масляный мох.

В дерновых и пахотных почвах активность ^{137}Cs в верхнем горизонте $A_д$ изменяется в пределах от 5,8 до 53,65 Бк/кг (в лесной луговой почве, в среднем течении р. Лая, на бровке надпойменной террасы, в гумусовом горизонте A_1 – от 2,1 до 29,13 Бк/кг, в иллювиальном горизонте активность достигает лишь от 5,3 до 7,5 Бк/кг.

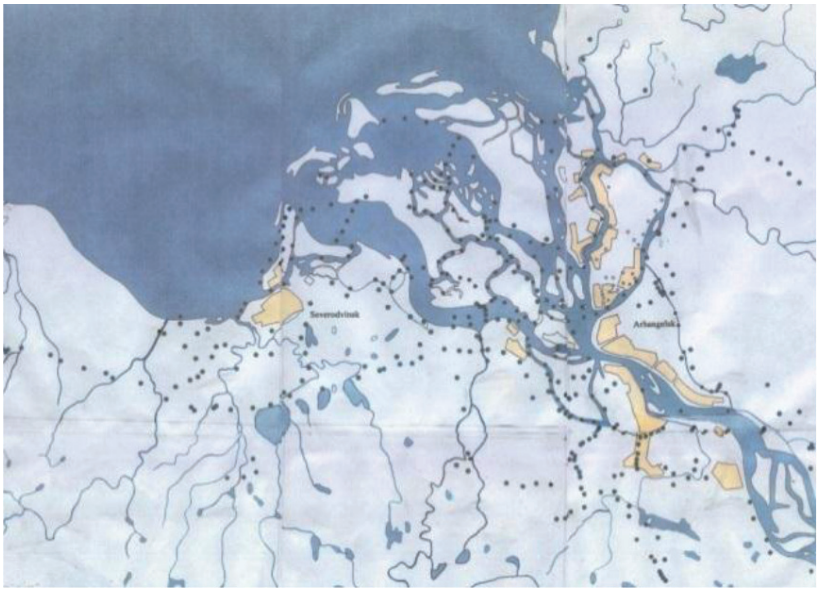
Среди типов почв, преобладающих в данном районе, можно выделить подзолистые, дерново-подзолистые, болотные, дерновые, пахотные [4]. На рис. 3 демонстрируется полученные средние значения активности ^{137}Cs для упомянутых почв по генетическим горизонтам. Из рис. 3 видно, что накопление ^{137}Cs происходит в гумусовом горизонте. Средняя его активность изменяется от 122 Бк/кг в подзолистых почвах, до 67,4 Бк/кг в дерново-подзолистых почвах и до 121,7 Бк/кг в болотных почвах.

Подстилка до сих пор сохраняет повышенные значения ^{137}Cs, но только относительно минеральной части почвы. В дерновых и пахотных почвах отмечена самая низкая активность ^{137}Cs. Средние значения составляют 16,9 Бк/кг для дернины и 9,8 Бк/кг – для гумусового горизонта. Отмечаются повышенные средние значения в торфяном горизонте T_1 (50,4 Бк/кг), который располагается непосредственно под оторфованным гумусовым горизонтом.



1 *2*

Рис. 1. Пространственное распределение ^{137}Cs: 1 – на поверхности арктической зоны (Бк/м^2) [1], 2 – в почвах Архангельского региона и соседних территорий ^{137}Cs (Бк/кг) [2]



• – точки отбора проб

Рис. 2. Схема опробования почв окрестностей г. Архангельска, Северодвинска и Новодвинска [3]

Проведен анализ распределения ^{137}Cs в органической части почвы и подзолистом горизонте, по выделенным в период экспедиционных работ районам. Полученные результаты демонстрируются на рис. 4. Отобранные почвы в данных районах сформировались под влиянием как техногенных факторов (выбросов в атмосферу заводов ВПК и ЦБК, осушения болот, вырубок, сельскохозяйственных работ и т.п.), так и при воздействии на них форм рельефа, типов ландшафтов, циркуляции атмосферы, осадков, типа биоценоза и т.п.

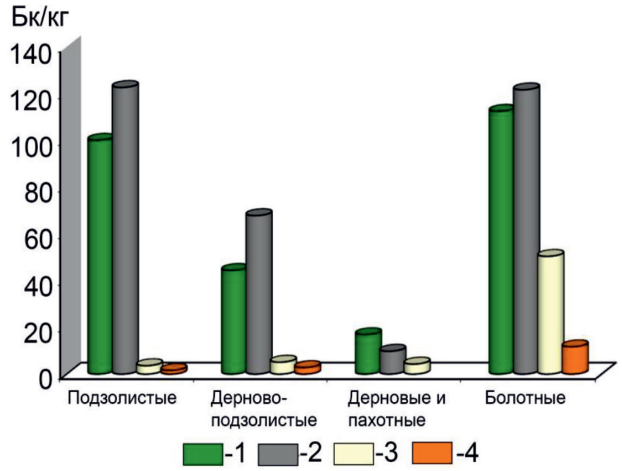


Рис. 3. Изменения средних значений активности ^{137}Cs (Бк/кг) в почвах окрестностей г. Архангельска, Северодвинска и Новодвинска: 1 – лесная подстилка (дернина в дерновых почвах), 2 – гумусовый горизонт (оторфованный гумусовый горизонт в болотных почвах), 3 – подзолистый горизонт (в дерновых и пахотных – иллювиальный, в болотных – T_1), 4 – иллювиальный горизонт (в болотных – T_2)

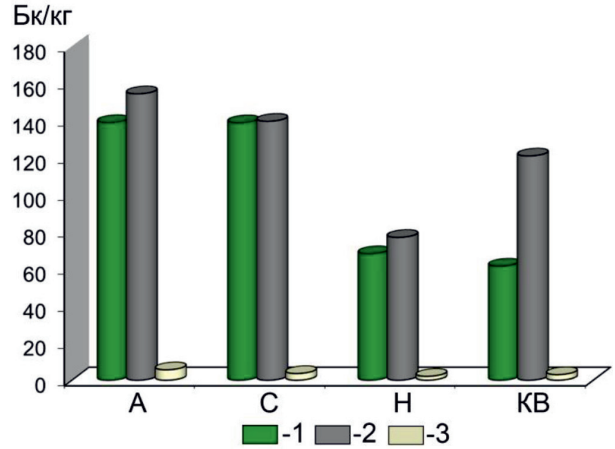


Рис. 4. Средние значения активности ^{137}Cs (Бк/кг) в верхних горизонтах подзолистых почв районов экспедиционных работ: А – окрестности г. Архангельска, С – окрестности г. Северодвинска, Н – окрестности г. Новодвинска, КВ – район Катунино – Васьково: 1 – лесная подстилка, 2 – гумусовый горизонт, 3 – подзолистый горизонт

Повышенные средние значения ^{137}Cs в подстилке и гумусовом горизонте выделены в окрестностях г. Архангельска и Северодвинска. Средние значения активности ^{137}Cs для окрестностей Архангельска составляют: для подстилки – 138,9 Бк/кг, для гумусового горизонта – 154,4 Бк/кг, в районе г. Северодвинска: для подстилки – 138,8 Бк/кг, для гумусового горизонта – 139,6 Бк/кг.

Для г. Новодвинска средняя активность ^{137}Cs составляет: в подстилке – 68 Бк/кг, в гумусовом горизонте – 77 Бк/кг. В районе п. Катунино – п. Васьково: в подстилке – 61,5 Бк/кг, в гумусовом горизонте – 120,9 Бк/кг. Здесь также наблюдается перемещение центра активности ^{137}Cs в гумусовый горизонт. В подзолистом горизонте активность ^{137}Cs снижается на порядок.

Авторами получены данные по распределению активности ^{137}Cs в горизонтах почв в наиболее типичных ландшафтах, слагающих исследуемую территорию, и в болотах (рис. 5). В ходе работ нами были выделены возвышенные участки (микрохолмы и их склоны), не подверженные воздействию паводковых вод, пойменные участки устьевой части р. Северная Двина и впадающих в нее рек и болота, как район со специфическими условиями, отличающимися от возвышенных участков и низменных (поймы р. Северная Двина).

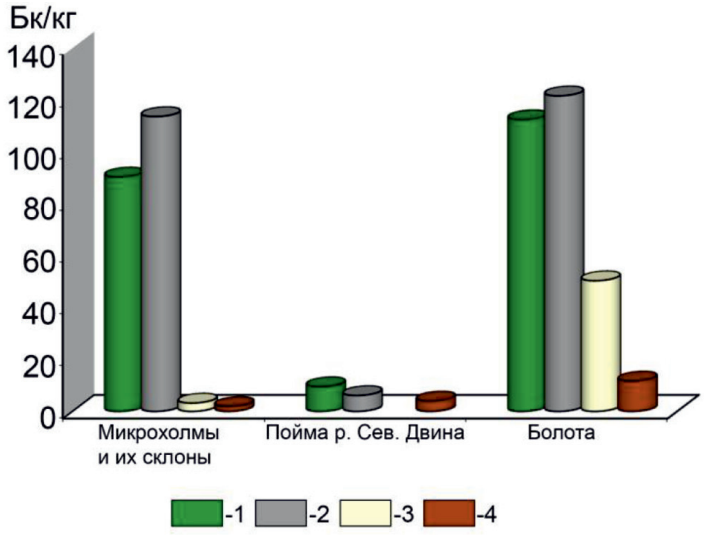


Рис. 5. Изменения средних значений активности ^{137}Cs в почвах окрестностей г. Архангельска, Северодвинска и Новодвинска: 1 – лесная подстилка (дернина в дерновых почвах), 2 – гумусовый горизонт (оторфованный гумусовый горизонт в болотных почвах), 3 – подзолистый горизонт (в дерновых и пахотных – иллювиальный, в болотных – T_1), 4 – иллювиальный горизонт (в болотных – T_2)

Генетические горизонты почв речных пойм устьевой части р. Северная Двина не накапливают радиоактивного ^{137}Cs. Активность ^{137}Cs здесь в органической части почвы изменяется от 3,3 до 15,2 Бк/кг [5].

На микрохолмах и их склонах и болотистых территориях происходит перемещение ^{137}Cs в гумусовый горизонт, где получены его максимальные значения. На болотах наблюдается увеличение активности ^{137}Cs в первом торфяном горизонте (T_1).

Результаты показывают, что наиболее интенсивно ^{137}Cs мигрирует с верхних горизонтов почвы в гумусовый горизонт. Особенно это заметно на вершинах моренных микрохолмов в зоне развития подзолистых почв. Для дерново-подзолистых почв интенсивное перемещение ^{137}Cs наблюдается, как на поверхности, так и на полого-волнистых склонах. На болотах повышенные значения ^{137}Cs в оторфованном гумусовом горизонте получены на открытых участках.

Выводы

1. Наибольшие концентрации ^{137}Cs наблюдаются в верхних органических горизонтах, независимо от типа почвы. Это связано с тем, что лесная подстилка или дернина в пойменных почвах, очес в болотных почвах – первый мощный естественный барьер на пути вертикальной миграции ^{137}Cs, в гумусовом горизонте ^{137}Cs сорбируется соединениями гуминовых и фульвокислот. Иллювиальные горизонты и почвообразующие породы не накапливают техногенного ^{137}Cs.

2. Из всех типов почв, преобладающих в окрестностях г. Архангельска, Северодвинска и Новодвинска, самое высокое содержание ^{137}Cs по почвенному профилю характерно для подзолистых и торфяно-болотных почв, где ^{137}Cs связывается с органическими веществами и теряет свою подвижность. Пойменные почвы не накапливают техногенной радиоактивности, что обусловлено высокой скоростью самоочищения, в результате вертикальной и горизонтальной миграции, под воздействием природных и антропогенных факторов (затопление во время паводков, с/х деятельность).

3. Геоморфологическое строение местности оказывает существенное влияние на распределение ^{137}Cs в пространстве. По степени уменьшения активности ^{137}Cs, в почвах, отобранных на различных видах рельефа, можно выделить следующую последовательность: болота – моренные холмы со склонами – пойма р. Северной Двины.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФАНО (проект № АААА-А16-116052710105-1) и УрО РАН (проект № 18-5-5-26).

Список литературы / References

1. AMAP Assessment: Radioactivity in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Oslo, Norway. 2010. 92 p.

2. AMAP Assessment: Radioactivity in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Oslo, Norway. 2015. 89 p.

3. Антропов С.Ю., Ермилов А.П., Ермилов С.А., Комаров Н.А., Крохин И.И., Шарапов С.В. Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения ПРОГРЕСС. М.: ГП «ВНИИФТРИ», 2010. 41 с.

Antropov S.Yu., Yermilov A.P., Yermilov S.A., Mosquitoes N.A., Krokhin I.I., Sharapov of S.V. Metodik of measurement of activity of radionuclides in calculating samples on a scintillation gamma spectrometer with use of the software PROGRESS. M.: GP «VNIIFTRI», 2010. 41 p. (in Russian).

4. Лурье А.А., Кубасова М.С. Современное состояние присутствия ^{137}Cs в компонентах лесных биоценозов Архангельской области // АНРИ. 2015. № 1 (80). С. 41–47.

Lurye A.A., Kubasova M.S. The Actual State on ^{137}Cs Contents in Forest Ecosystems Components of Archangel Region (Russia) // ANRI. 2015. № 1 (80). P. 41–47 (in Russian).

5. Киселев Г.П., Баженов А.В., Зыков С.Б., Дружинин С.В., Киселева И.М. (Архангельск). Радиоактивность донных осадков и прибрежных почв реки Северная Двина в 2013 г. // Труды Архангельского центра Русского географического общества: Сборник научных статей. Выпуск 1. Архангельск: Архангельский центр Русского географического общества, 2013. 398 с.

Kiselyov G.P., Bazhenov A.V., Zykov S.B., Druzhinin S.V., Kiselyova I.M. (Arkhangelsk). Radioactivity of ground rainfall and coastal soils of the river Northern Dvina in 2013 // Works of the Arkhangelsk center of the Russian Geographical Society: Collection of scientific articles. Release 1. Arkhangelsk: Arkhangelsk center of the Russian Geographical Society, 2013. 398 p. (in Russian).