

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2022 А. В. Баженов , Е. Ю. Яковлев , С. А. Игловский , С. В. Дружинин 

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лавёрова (ФИЦКИА) УрО РАН, Набережная Северной Двины, 23, г. Архангельск, 163000, Россия.

E-mail: abv-2009@yandex.ru

Цель исследования: провести анализ радиоэкологического состояния почв в городе Мезень и посёлке Каменка (Мезенский район Архангельской области) и выявить на их территории малоинтенсивные аномалии по удельному содержанию ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в почве.

Место и время проведения. Экспедиционные работы проведены летом 2021 года на территории города Мезень, посёлка Каменка и их окрестностей (Мезенский район Архангельской области).

Методология. Для выполнения поставленной задачи опробовали 68 точек на территории г. Мезень, п. Каменка и их окрестностей, где отобрали образцы из верхнего (0–5 см) слоя почв (урбиквазизёмов, культурозёмов и реплантозёмов). В лабораторных условиях пробы высушивали до воздушно-сухого состояния и помещали в сосуд Маринелли для измерения удельной активности изотопов методом гамма-спектрометрии. Регистрацию гамма-излучений от счётного образца почв и обработку спектров проводили с использованием программно-аппаратурного комплекса «Прогресс-гамма» ФВКМ.412131.002-03. Калибровку гамма-спектрометра по энергии проводили после каждого измерения с использованием комбинированного контрольного источника ОИСН-137-1. Минимальное время экспонирования счётного образца составляло 3600 секунд.

Основные результаты. Удельная активность техногенного ^{137}Cs в верхнем (0–5 см) слое почвы изменялась от 1,6 до 24,2 Бк/кг в г. Мезень и от 2,4 до 26,1 Бк/кг в п. Каменка, при средних значениях 5,88 и 8,27 Бк/кг соответственно. При этом наблюдалась более высокая активность этого радионуклида в почвах п. Каменка по сравнению с почвами г. Мезень. Для ^{226}Ra и ^{232}Th также выявили более высокие активности в почвах п. Каменка. Удельное содержание ^{40}K в исследованных городских почвах практически равномерное. Удельная активность техногенного ^{137}Cs и естественных радионуклидов ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в верхнем 5-ти сантиметровом слое почв на пастбищах и покосах сопоставима с городскими почвами г. Мезень и п. Каменка. В неподверженном антропогенному воздействию лесных почвах удельная активность ^{137}Cs более чем в 3 раза выше и достигает 65,4 Бк/кг. Для ^{226}Ra и ^{232}Th установлены более высокие активности в почвах п. Каменка, что связано с гранулометрическим составом и характером подстилающих почву четвертичных отложений. Удельное содержание ^{40}K в исследованных почвах практически равномерное. Анализ пространственного распределения удельной активности техногенного ^{137}Cs и естественных радионуклидов ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th выявил, что малые локальные аномалии (МЛА) ^{137}Cs ($T_{1/2}=30,17$ лет) приурочены к парковой зоне центральной и южной части г. Мезень (4 МЛА). МЛА естественных радионуклидов ^{226}Ra ($T_{1/2}=1590$ лет), ^{232}Th ($T_{1/2}=1,41 \cdot 10^{10}$ лет) и ^{40}K ($T_{1/2}=1,3 \cdot 10^9$ лет) выявлены, в основном, в луговых дерновых почвах на западной окраине города (Набережная им. В.И. Ленина), в районах одноэтажной застройки (частный сектор), вдоль берега р. Това, а также в районе аэропорта. На остальной территории г. Мезень измеренные концентрации исследованных радионуклидов минимальны. Схожее пространственное распределение исследованных радионуклидов в верхнем горизонте почв г. Мезень характерно и для п. Каменка. Максимальные значения активности ^{137}Cs так же выявлены в почвах парковых зон, неподверженных интенсивному антропогенному воздействию, в юго-западной части посёлка, вдоль ул. Комарова. Для ^{226}Ra и ^{232}Th характерны повышенные концентрации на окраинах посёлка, в районе улиц Заводской, Гагарина и Шелгунова на севере и ул. Южная на юге посёлка. Распределение ^{40}K практически равномерно по всей исследованной территории, включая не только окраины, но и центральную часть посёлка.

Заключение. Содержание естественных и техногенных радионуклидов в городских почвах г. Мезень и п. Каменка не превышает предельно допустимых концентраций, характерных для городских поселений Архангельской области. Более высокую активность ^{137}Cs в почвах п. Каменка по сравнению с почвами в г. Мезень можно объяснить разной степенью антропогенного воздействия на почвы в этих населённых пунктах; МЛА ^{137}Cs в почвах парков и скверов обусловлены минимальной степенью антропогенного воздействия на почву, при этом дерновый слой почв прочно фиксирует

поступающий из атмосферы ^{137}Cs гуминовыми кислотами. МЛА радия и тория в луговых городских почвах тесно связаны с подстилающими песчаными четвертичными отложениями, концентрирующими эти элементы. МЛА калия в данных районах вероятнее всего связана с большой плотностью травянистой растительности, легко вовлекающей этот элемент в биологический круговорот и способствующей его аккумуляции в верхнем почвенном горизонте.

Ключевые слова: радиоактивность; городские почвы; ^{137}Cs ; ^{40}K ; ^{226}Ra ; ^{232}Th ; город Мезень; посёлок Каменка; Мезенский район; Архангельская область

Цитирование: Баженов А.В., Яковлев Е.Ю., Изловский С.А., Дружинин С.В. Радиоэкологические исследования городских почв в Архангельской области // Почвы и окружающая среда. 2022. Том 5. № 3. е182. DOI: [10.31251/pos.v5i3.182](https://doi.org/10.31251/pos.v5i3.182)

ВВЕДЕНИЕ

Радиоактивность окружающей среды и связанное с ней внешнее облучение, вызванное гамма-излучением, зависят в первую очередь от геологических и географических условий (UNSCEAR..., 2000). Фоновое облучение для жителей Северо-Западного региона Российской Федерации (РФ) от всех источников радиации составляет 2,9 м³/год, в том числе техногенного происхождения (последствия аварий, испытания ядерного оружия, работа АЭС) – 0,1 м³/год (Промышленный Север..., 2004). Изучение радиоактивности имеет важнейшее значение для оценки экологического состояния данной территории, т.к. регион с момента начала атомной эры, подвергнулся существенному воздействию техногенной радиоактивности, имевшей глобальные и локальные источники (UNSCEAR..., 2000).

Основными источниками техногенной радиоактивности для данной территории являются: а) глобальные (стратосферные) выпадения в результате атмосферных ядерных испытаний; б) локальные (тропосферные) выпадения в результате испытаний, проводимых на единственном в Арктике ядерном полигоне на Новой Земле с 1955 по 1990 годы; в) поступление в арктические моря техногенных радионуклидов от западноевропейских радиохимических заводов Великобритании и Франции; г) последствия Чернобыльской катастрофы 1986 года, обнаруженные в Арктике (Łokas et al., 2013; Povinec et al., 2013; Thakur et al., 2013; Miroshnikov et al., 2017; Chen et al., 2017; Matishov et al., 2019; Swanek et al., 2020; Saniewski et al., 2020). Дополнительными источниками поступления техногенных радионуклидов на Европейский Север являлись прямые выбросы с радиохимических заводов, расположенных на Урале и Сибири (Vakulovsky et al., 2003).

В последние десятилетия проблема загрязнения городских почв привлекает к себе внимание ученых во всем мире (Крячюнас, 2008; Крячюнас, Шахова, 2016). Формирование городских почв происходит путем трансформации материала естественной почвы с участием активного техноседиментогенеза, что находит свое отражение в нарушении природных процессов миграции радионуклидов (РН) и обуславливает сложную структуру загрязнения почв естественными и техногенными РН. Процесс оценки радиационного состояния территорий и особенностей распределения РН в городских почвах осложняется отсутствием утвержденных нормативов почвенного содержания РН и общепринятой классификации городских почв (Апарин и др., 2015). Принимая во внимание тот факт, что подавляющая часть населения арктических территорий проживает в городах (Тяжелые металлы..., 2015), и, учитывая значительный вклад почвы в формирование эффективной дозы облучения человека (Габлин и др., 2010), получение новых данных о РН почв в населенных пунктах арктических территорий России является актуальной задачей.

Объектом исследования послужили почвы основных функциональных зон исследуемых городских поселений. Предметом исследования являлась удельная активность ^{137}Cs , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K в почвах г. Мезень, п. Каменка и их окрестностей.

Цель исследования – провести анализ радиоэкологического состояния почв г. Мезень и п. Каменка и выявить на данной территории малоинтенсивные аномалии по удельному содержанию ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в почве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В июне 2021 года сотрудники лаборатории экологической радиологии Института геодинамики и геологии ФИЦКИА им. Н.П. Лаверова УрО РАН провели экспедиционные работы по исследованию естественной и техногенной радиоактивности городских почв на территории города Мезень и посёлка Каменка (Мезенский район Архангельской области).

Город Мезень – административный центр Мезенского района, расположен на правом берегу р. Мезень при впадении в неё р. Това, в 45 км от Белого моря, в 390 км от г. Архангельск. Напротив города Мезень находится посёлок Каменка (рис. 1).

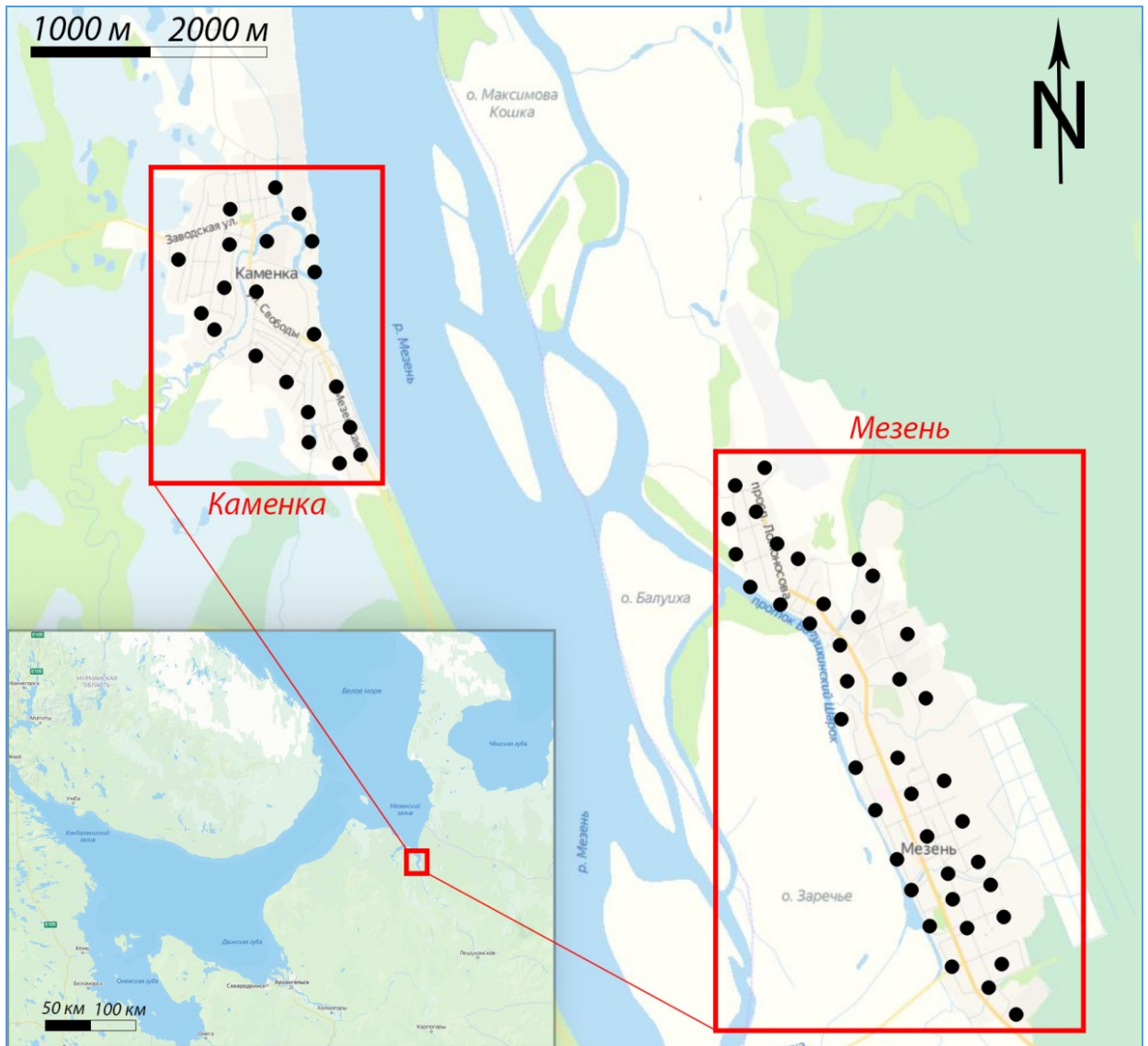


Рисунок 1. Схема мест отбора проб почвы в г. Мезень и п. Каменка (2021 г.).

В геоморфологическом плане объекты исследований располагаются на озёрно-ледниковой аккумулятивной равнине, включающей торфяники и аллювиальные отложения; на данной территории преобладают аллювиально-дерновые, дерново-глеевые и аллювиально-болотные почвы. Растительный покров представлен пойменными, преимущественно разнотравно-крупнозлаковыми видами, кустарниками и лесами, а также посевами сельскохозяйственных культур. Регион относится к районам Крайнего Севера и расположен вблизи границы умеренного и субарктического климатических поясов, зон тайги и лесотундры; находится вне пределов распространения многолетнемерзлых пород (Атлас Архангельской области..., 1976). На территории городских поселений г. Мезень и п. Каменка широкое распространение получили урбиквазизёмы, индикатором которых служит генетический горизонт «урбик».

Ранее отмечались факты загрязнения природных вод нефтепродуктами с превышением ПДК в десятки и сотни раз со складов ГСМ в г. Мезень и п. Каменка. Все техногенные воздействия в районе исследования подразделены на два вида: 1) воздействия, связанные с традиционными прибрежными промыслами (собираательством, охотничьим промыслом, пастбищным животноводством), направленными главным образом на использование биоресурсного потенциала ландшафтов; 2) антропогенные воздействия, связанные с производством и урбанизацией. Основные источники второго типа (предприятия, объекты коммунального хозяйства, автомобильные дороги) имеют незначительный (хаотичный или линейный) характер распространения и в исследуемом районе приурочены в основном к поселениям на побережье Мезенского залива Белого моря (Игловский, 2008).

За экспедиционный период было отобрано 68 почвенных проб в г. Мезень, п. Каменка и их окрестностях (рис. 1). Отбор проводили из верхнего (0–5 см) слоя почв с составлением краткого почвенно-морфологического описания. Исследуемые почвы представлены типичными городскими почвами группы квазизёмы: урбиквазизёмы и реплантозёмы (Крячюнас и др., 2020).

Отбор, хранение и транспортировку проб почв осуществляли в соответствии с (ГОСТ 17.4.4.02-2017). В лабораторных условиях пробы высушивали до воздушно-сухого состояния в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы. После взвешивания пробы помещали в сосуд Маринелли для измерения удельной активности изотопов методом гамма-спектрометрии. Регистрация гамма-излучений от счетного образца почв, а также обработка спектров проводили с использованием программно-аппаратурного комплекса «Прогресс-гамма» ФВКМ.412131.002-03. Калибровка гамма-спектрометра по энергии для контроля за сохранностью параметров установки проводили после каждого измерения с использованием комбинированного контрольного источника ОИСН-137-1 в сосуде Маринелли. Минимальное время экспонирования счетного образца составило 3600 секунд. Однако в зависимости от активности пробы время экспонирования в отдельных образцах со слабой активностью увеличивали. Погрешность измерений составляла от 10 до 15% (Методика..., 2016).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что на большей части территории г. Мезень широкое распространение получили урбиквазизёмы, индикатором которых служит генетический горизонт «урбик». Данный горизонт характеризуется тем, что содержит не менее 10% антропогенных включений (строительный и бытовой мусор, угли, слабо разложившиеся растительные остатки и др.). Культурозёмы, как основная подгруппа городских почв, получили развитие в старых городских парках и на приусадебных участках, в кварталах с индивидуальной деревянной застройкой. Другая подгруппа искусственно созданных городских почв – реплантозёмы – в основном представлена на газонах в кварталах с каменной и деревянной многоквартирной застройкой. Наиболее развитый почвенный профиль наблюдается под участками с древесной и кустарниковой растительностью, в парковых зонах и на прибрежных участках.

Для сравнительного анализа были отобраны пробы из верхнего (0–5 см) слоя почв фоновых площадок на сенокосах и пастбищах Мезенского района, а также лесных почв в районе р. Пёза в 60 км от г. Мезень, не подверженных антропогенному воздействию.

Удельная активность ^{137}Cs в верхнем слое почв изменяется от 1,6 до 24,2 Бк/кг в г. Мезень и от 2,4 до 26,1 Бк/кг в п. Каменка, при средних значениях 5,88 и 8,27 Бк/кг соответственно. Установлена более высокая активность этого радионуклида в почвах п. Каменка, относительно г. Мезень (рис. 2). Данную закономерность можно объяснить разной степенью антропогенного воздействия на почвы в исследованных населённых пунктах. Для ^{226}Ra и ^{232}Th также отмечена более высокая активность в почвах п. Каменка, что связано с их гранулометрическим составом и характером подстилающих четвертичных отложений. Удельное содержание ^{40}K в почвах исследуемого региона практически равномерное.

Удельная активность техногенного ^{137}Cs и естественных радионуклидов ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в верхнем слое почв сенокосов и пастбищ была сопоставима с городскими почвами г. Мезень и п. Каменка, а в неподверженных антропогенному воздействию лесных почвах удельная активность ^{137}Cs более чем в 3 раза выше и достигает 65,4 Бк/кг (рис. 3).

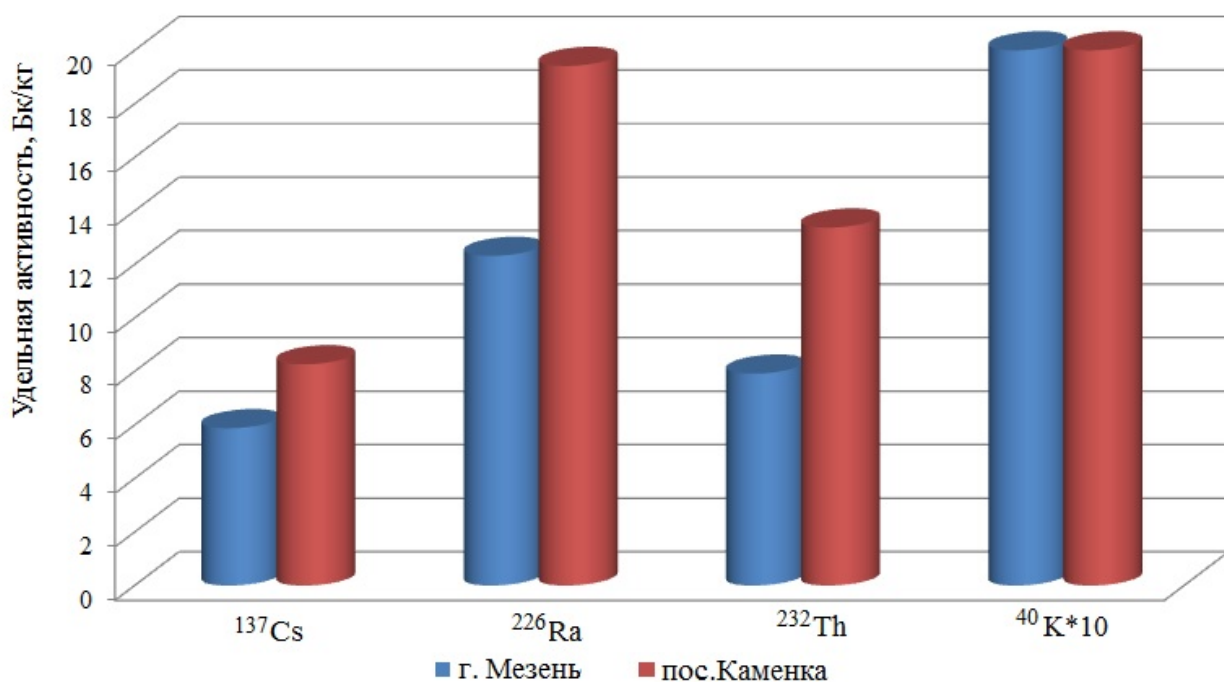


Рисунок 2. Удельная активность ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K (Бк/кг) в городских почвах г. Мезень и п. Каменка (средние значения, 2021 г.).

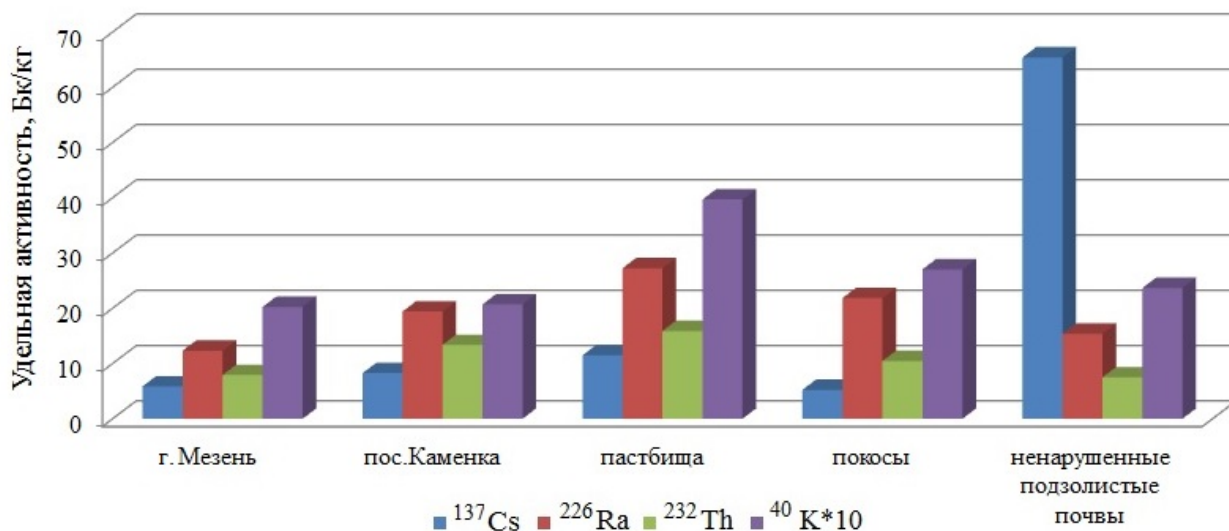


Рисунок 3. Удельная активность ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K (Бк/кг) в почвах г. Мезень, п. Каменка и их окрестностях (средние значения, 2021 г.).

Пространственное распределение техногенного ^{137}Cs и естественных радионуклидов ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th в верхнем слое почв исследованных территорий демонстрируется на рисунках 4–5.

Максимальные значения активности ^{137}Cs приурочены к парковой зоне центральной и южной части г. Мезень, вдоль Советского проспекта. Максимальные значения активности естественных радионуклидов ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K выявлены в основном в луговых дерновых почвах на западной окраине города (Набережная имени В.И. Ленина), в районах одноэтажной застройки (частный сектор), вдоль берега р. Това а также в районе аэропорта г. Мезень. На остальной территории г. Мезень измеренные концентрации исследованных радионуклидов минимальны.

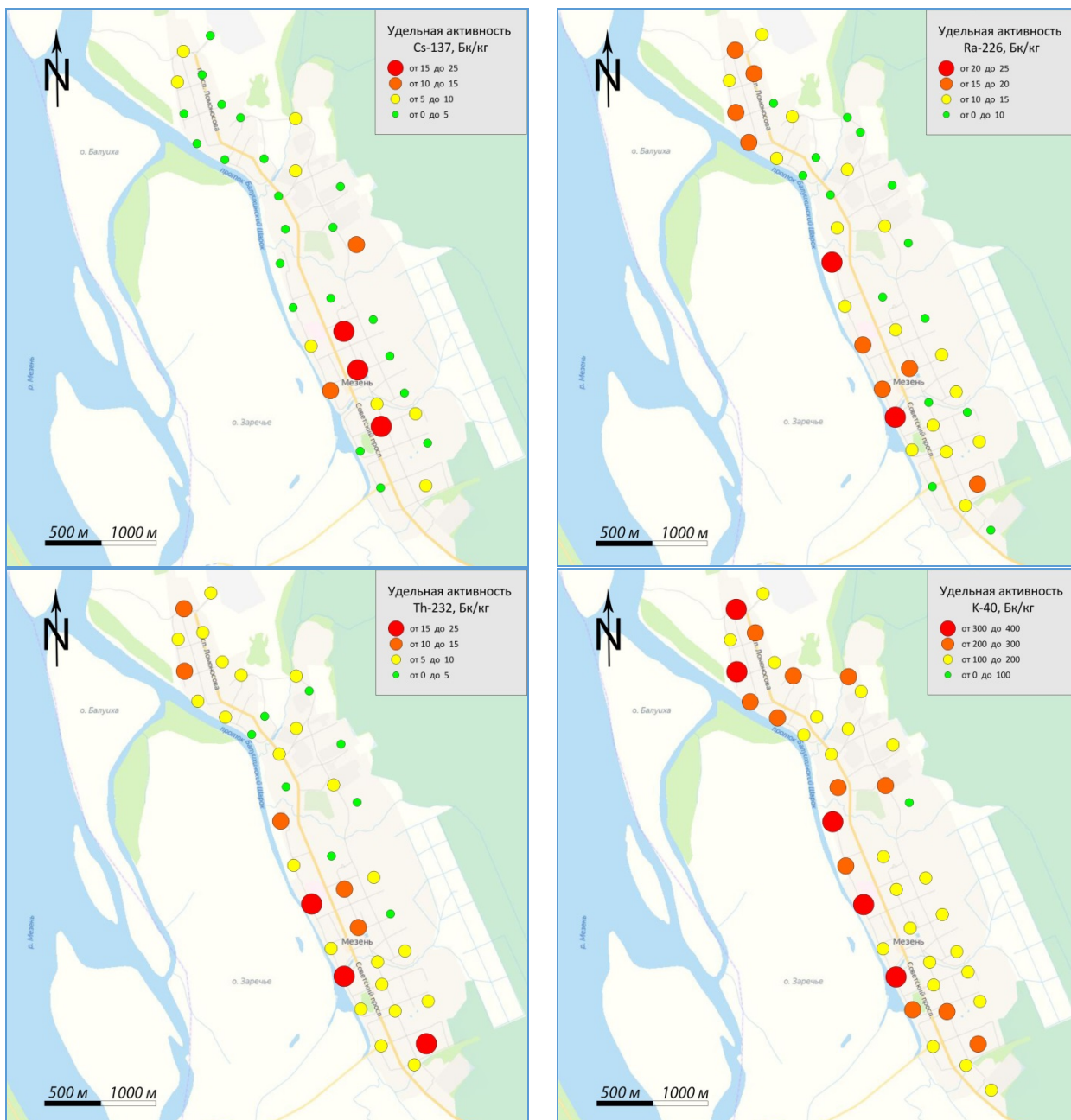


Рисунок 4. Пространственное распределение удельной активности техногенного ^{137}Cs и естественных радионуклидов ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th в верхнем слое почвы г. Мезень (2021 г.).

Аналогичное пространственное распределение исследованных радионуклидов в верхнем почвенном слое характерно и для почв п. Каменка. Максимальные значения активности ^{137}Cs так же выявлены в почвах парковых зон не подверженных интенсивному антропогенному воздействию, в юго-западной части п. Каменка, вдоль ул. Комарова. Для ^{226}Ra и ^{232}Th характерны повышенные концентрации на окраинах посёлка: в районе улиц Заводская, Гагарина и Шелгунова на севере и ул. Южная на юге. Распределение ^{40}K практически равномерно по всей исследованной территории, включая не только окраины, но и центральные части посёлка (рис. 5).

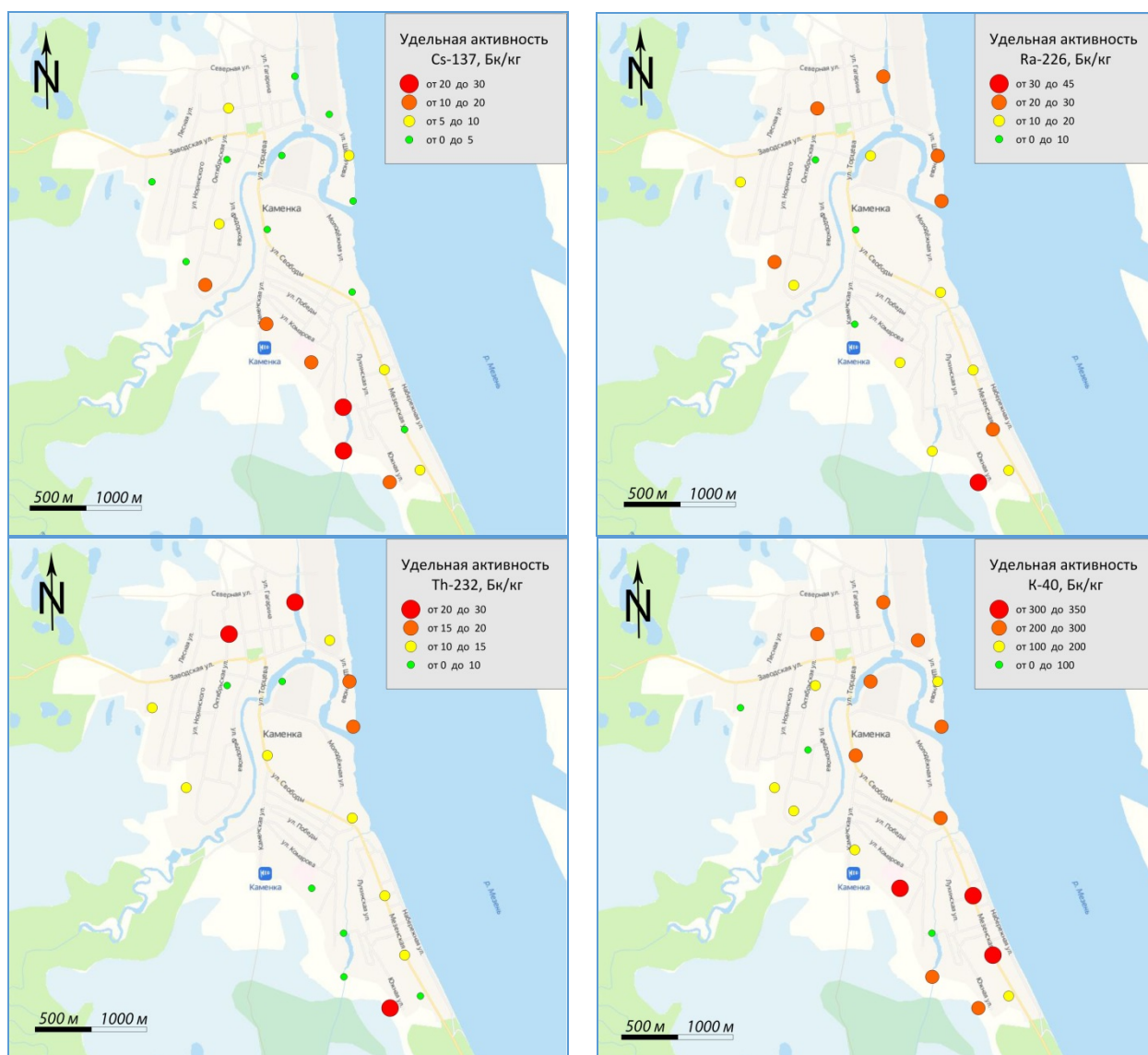


Рисунок 5. Пространственное распределение удельной активности техногенного ^{137}Cs и естественных радионуклидов ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th в верхнем слое почв п. Каменка (2021 г.).

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований показали, что содержание и особенности распределения естественных и техногенных радионуклидов в городских почвах г. Мезень и п. Каменка не превышает предельно допустимых концентраций. При этом наблюдаются более высокие активности ^{137}Cs в почвах п. Каменка относительно г. Мезень. Данную закономерность можно объяснить разной степенью антропогенного воздействия на почвы в обследованных населённых пунктах. Для ^{226}Ra и ^{232}Th также установлены более высокие активности в почвах п. Каменка, что связано с гранулометрическим составом и характером подстилающих почвообразующих пород. Удельное содержание ^{40}K во всех исследуемых почвах практически одинаковое и равномерное.

Анализируя пространственное распределение удельной активности техногенного ^{137}Cs и естественных радионуклидов ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th , можно отметить, что максимальные значения активности приурочены к парковой зоне центральной и южной части г. Мезень, вдоль Советского проспекта. Это связано с тем, что в парках и скверах степень антропогенного воздействия на почву минимальна, а дерновый слой почв прочно фиксирует гуминовыми кислотами поступающий из атмосферы ^{137}Cs .

Максимальные значения активности естественных радионуклидов ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K выявлены в основном в луговых дерновых почвах на западной окраине города (Набережная имени

В.И. Ленина), в районах одноэтажной застройки (частный сектор), вдоль берега р. Това, а также в районе аэропорта. На остальной территории города, измеренные концентрации исследованных радионуклидов минимальны.

Установленное пространственное распределение исследованных радионуклидов характерно для верхнего (0–5 см) слоя почв г. Мезень и п. Каменка. Максимальные значения активности ^{137}Cs так же выявлены в почвах парковых зон, не подверженных интенсивному антропогенному воздействию, в юго-западной части посёлка, вдоль ул. Комарова. Для ^{226}Ra и ^{232}Th характерны повышенные концентрации на окраинах посёлка: в районе улиц Заводская, Гагарина и Шелгунова на севере и ул. Южная на юге. Распределение ^{40}K практически равномерно по всей исследованной территории, включая не только окраины, но и центральные части посёлка.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Исследования выполнены по государственному заданию «Особенности миграции элементов и их изотопов в абиотических компонентах окружающей среды Западного сектора Российской Арктики в условиях климатических и техногенных изменений» № 122011300333-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Классификация городских почв в системе Российской и международной классификации почв // *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2015. Вып. 79. С. 53–72. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2015-79-53-72>
2. *Атлас Архангельской области* / Под ред. А.Г. Исаченко, Н.А. Моргуновой, Н.М. Терехова и др. М.: Изд-во Главного управления геодезии и картографии при Совете министров СССР, 1976. 72 с.
3. Габлин В.А., Парамонова Т.И., Вербова Л.Ф., Габриелян С.В., Митронова Ю.Н. Состав почв и вопросы радиационного нормирования // *Известия высших учебных заведений (ИВУЗ). Геология и разведка*. 2010. № 6. С. 62–67.
4. *ГОСТ 17.4.4.02-2017*. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
5. Игловский С.А. Техногенные изменения геоэкологических условий двинско-мезенской равнины и полуострова Канин // *Криосфера Земли*. 2008. Т. 12. № 1. С. 24–28.
6. Крячюнас В.В. *Естественная и техногенная радиоактивность почв Архангельской промышленной агломерации*. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2008. 24 с.
7. Крячюнас В.В., Киселев Г.П. ^{137}Cs в верхних почвенных горизонтах г. Архангельска // *Экология* 2003: матер. конф. Архангельск, 2003. С. 43–44.
8. Крячюнас В.В., Кузнецова И.А., Котова Е.И., Игловский С.А., Мироненко К.А., Суханов С.Г. Содержание и особенности распределения естественных и техногенных радионуклидов в почвах малого арктического города // *Экология человека*. 2020. Т. 27. № 5. С. 11–20. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-5-11-20
9. Крячюнас В.В., Шахова Е.В. *Радиологические исследования на территории города Архангельска* // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: матер. конф. Томск, 2016. С. 360–363.
10. *Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс»*. Москва: ООО НТЦ «Амплитуда», 2016. 12 с. <http://amplituda.ru/services/metodicheskoe-obespechenie/mvi/metodika-izmereniya-aktivnosti-radionuklidov-s-ispolzovaniem-stsintillyatsionnogo-gamma-spektrometra-s-programmnym-obespecheniem-progress/>
11. *Промышленный Север. Атомные технологии и среда обитания*. Москва: Комтехпринт, 2004. 40 с.
12. Сибирякова И.А. *Ретроспективный и ландшафтный анализ города Мезени* // Молодой Учёный: сб. статей V Междунар. науч.-исслед. конкурса. Пенза, 2022а. С. 80–84.
13. Сибирякова И.А. *Анализ формирования силуэта города Мезени* // Лучшие научные исследования 2022: сб. статей IV Междунар. науч.-исслед. конкурса. Пенза, 2022б. С. 71–76.
14. *Тяжелые металлы в почвах Карелии*: монография / Н.Г. Федорев [и др.]. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. 222 с.
15. Chen J., Zhang W., Sadi B., Wang X., Muir D.C.G. Activity concentration measurements of selected radionuclides in seals from Canadian Arctic // *Journal of Environmental Radioactivity*. 2017. Vol. 169–170. P. 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.12.015>
16. Cwanek A., Mietelski J.W., Łokas E., Olech M.A., Anczkiewicz R., Misiak R. Sources and variation of isotopic ratio of airborne radionuclides in Western Arctic lichens and mosses // *Chemosphere*. 2020. Vol. 239. P. 124783. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124783>

17. Łokas E., Mietelski J.W., Ketterer M.E., Kleszcz K., Wachniew P., Michalska S., Miecznik M. Sources and vertical distribution of ^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ and ^{241}Am in peat profiles from southwestern Spitsbergen // *Applied Geochemistry*. 2013. Vol. 28. P. 100–108. 10.1016/j.apgeochem.2012.10.027
18. Matishov G.G., Kasatkina N.E., Usyagina I.S. Technogenic Radioactivity of Waters in the Central Arctic Basin and Adjacent Water Areas // *Doklady Earth Sciences*. 2019. Vol. 485. P. 288–292. <https://doi.org/10.1134/S1028334X19030073>
19. Miroshnikov A.Y., Laverov N.P., Chernov R.A., Kudikov A.V., Ysacheva A.A., Semenov I.N., Aliev R.A., Asadulin E.E., Gavrilov M.V. Radioecological investigations on the Northern Novaya Zemlya Archipelago // *Oceanology*. 2017. Vol. 57. P. 204–214. <https://doi.org/10.1134/S000143701701009X>
20. Povinec P.P., Gera M., Holy K., Hirose K., Lujaniene G., Nakano M., Plastino W., Sykora I., Bartok J., Gažak M. Dispersion of Fukushima radionuclides in the global atmosphere and the ocean // *Applied Radiation and Isotopes*. 2013. Vol. 81. P. 383–392. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2013.03.058>
21. Saniewski M., Wietrzyk-Pelka P., Zalewska T., Olech M., Węgrzyn M.H. Bryophytes and lichens as fallout originated radionuclide indicators in the Svalbard archipelago (High Arctic) // *Polar Science*. 2020. Vol. 25. P. 100536. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2020.100536>
21. Thakur P., Ballard S., Nelson R. An overview of Fukushima radionuclides measured in the northern hemisphere // *Science of The Total Environment*. 2013. Vol. 458–460. P. 577–613. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.03.105>
23. Vakulovsky S.M. *Estimation and prediction of the consequences for the environment and population of radioactive contamination of the river Yenisei by discharges of the Krasnoyarsk mining and chemical industrial complex*. Final project technical report of International Science and Technology Centre (ISTC) Project 1404. Obninsk: SPA-Typhoon, 2003. P. 77.
24. UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) Report 2000: Sources and Effects of Ionizing Radiation. Report to General Assembly, with Scientific Annexes, United Nations. New York, 2000.

Поступила в редакцию 06.05.2022

Принята 26.09.2022

Опубликована 26.09.2022

Сведения об авторах:

Баженов Александр Викторович – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологической радиологии Института геодинамики и геологии Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики Российской академии наук (Архангельск, Россия); abv-2009@yandex.ru

Яковлев Евгений Юрьевич – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией экологической радиологии Института геодинамики и геологии Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики Российской академии наук (Архангельск, Россия); yakov24lev99@mail.ru

Игловский Станислав Анатольевич – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологической радиологии Института геодинамики и геологии Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики Российской академии наук (Архангельск, Россия); iglovskys@mail.ru

Дружинин Сергей Валерьевич – научный сотрудник лаборатории экологической радиологии Института геодинамики и геологии Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики Российской академии наук (Архангельск, Россия); druzhininserg@yandex.ru

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

RADIOECOLOGICAL INVESTIGATIONS OF URBAN SOILS IN THE ARKHANGELSK REGION

© 2022 A. V. Bazhenov , E. Yu. Yakovlev , S. A. Iglovsky , S. V. Druzhinin 

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (FECIAR UrB RAS), Arkhangelsk, Russia. E-mail: abv-2009@yandex.ru

The aim of the study: to analyze the radioecological status of soils in the Mezen city and the Kamenka village (Mezensky district of the Arkhangelsk region) and to identify low-intensity anomalies in soil ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K specific content on the studied territory.

Location and time of the study. Field work was carried out in the summer of 2021 on the territory of the Mezen city and Kamenka village and their environs (Mezensky district of the Arkhangelsk region).

Methodology. To accomplish the task, the soil from the upper 5 cm layer of Urbikvizems, Culturozems and Replantozems at 68 sites was sampled in the study area. Under laboratory conditions, the samples were air-dried and placed in Marinelli vessels to measure specific activity of isotopes by gamma spectrometry. The registration of gamma radiation from a soil sample, as well as the processing of the spectra, was carried out using the Progress-gamma software and hardware complex FVKM.412131.002-03. The energy calibration of the gamma spectrometer was carried out after each measurement using a combined control source OISN-137-1 in a 1-liter Marinelli vessel. The minimum exposure time for the counting sample was 3600 seconds.

Results. The specific activity of ^{137}Cs in the upper 5 cm layer varied from 1,6 to 24,2 Bq/kg in Mezen and from 2,4 to 26,1 Bq/kg in Kamenka, with an average value of 5,88 and 8,27 Bq/kg, respectively; higher specific activities of this radionuclide was observed in the Kamenka soils as compared with the Mezen soils. For ^{226}Ra and ^{232}Th higher activity was also observed in the Kamenka soils. The ^{40}K specific content in the urban soils of the studied area was almost uniform. The specific activity of technogenic ^{137}Cs and natural radionuclides ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K in the upper 5 cm of soil layer on pastures and grasslands was comparable to the urban soils in Mezen and Kamenka. In forest soils the ^{137}Cs specific activity was more than three times higher, reaching 65,4 Bq/kg. Analysis of the spatial distribution of the specific activity of technogenic ^{137}Cs and natural radionuclides ^{40}K , ^{226}Ra and ^{232}Th showed that small local anomalies (SLA) of ^{137}Cs ($T_{1/2}=30.17$ years) were confined to the park zone of the central and southern parts of Mezen, where 4 MLAs were recorded. The natural radionuclides ^{226}Ra ($T_{1/2}=1590$ years), ^{232}Th ($T_{1/2}=1,41 \cdot 10^{10}$ years) and ^{40}K ($T_{1/2}=1,3 \cdot 10^9$ years) were found mainly in meadow soddy soils on the western outskirts of the city, in areas of one-story buildings (private sector), along banks of the Tova River and also in the airport area. In the rest of the Mezen city, the measured concentrations of the studied radionuclides were minimal. The spatial distribution of the studied radionuclides, revealed in the upper soil layer in the Mezen city, was also typical for Kamenka, where SLA of ^{137}Cs were found in the soils of park areas in the southwestern part of the village without intensive anthropogenic impact. ^{226}Ra and ^{232}Th were characterized by increased concentrations on the outskirts of Kamenka in the north and south. The distribution of ^{40}K is almost uniform throughout the entire study area, including not only the outskirts, but also the central parts of the village.

Conclusions. The content of natural and technogenic radionuclides in the urban soils of the Mezen city and Kamenka village do not exceed the maximum allowable concentrations and are typical for urban settlements in the Arkhangelsk region. Higher activity of ^{137}Cs the Kamenka soils as compared with the one in the Mezen soils can be explained by varying degrees of anthropogenic impact on soils in the studied area. SLA of ^{137}Cs in park soils are due to the minimal anthropogenic impact; moreover, the soddy soil layer firmly fixes the atmospheric input by humic acids. SLA of ^{226}Ra and ^{232}Th in the meadow soddy soils closely associated with the underlying sandy quaternary deposits, concentrating the elements. The SLA of potassium in these areas can be explained by the dense herbaceous vegetation, which easily involves the element in the biological cycle, thus contributing to its accumulation in the upper soil horizon.

Key words: radioactivity; urban soils; ^{137}Cs ; ^{40}K ; ^{226}Ra ; ^{232}Th ; Mezen city; Kamenka village; Mezensky district; Arkhangelsk region

How to cite: Bazhenov A.V., Yakovlev E.Yu., Iglovsky S.A., Druzhinin S.V. Radioecological studies of urban soils in the Arkhangelsk region // The Journal of Soils and Environment. 2022. 5(3). e182. DOI: [10.31251/pos.v5i3.182](https://doi.org/10.31251/pos.v5i3.182) (in Russian with English abstract).

REFERENCES

1. Aparin B.F., Sukhacheva E.Yu. Classification of urban soils in russian soil classification system and international classification of soils, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2015, Iss. 79, p. 53–72. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2015-79-53-72> (in Russian)
2. *Atlas of the Arkhangelsk region* / Ed. A.G. Isachenko, N.A. Morgunova, N.M. Terekhova and al. Moscow: Publishing House of the Main Directorate of Geodesy and Cartography under the Council of Ministers of the USSR, 1975. 72 p. (in Russian)
3. Gablin V.A., Paramonova T.I., Verbova L.F., Gabrielyan S.V., Mitronova Yu.N. Soil composition and radiation regulation, *Proceedings of higher educational establishments. Geology and exploration*, 2010, No. 6, p. 62–67. (in Russian)
4. GOST 17.4.4.02-2017. Nature protection. Soils. Methods of sampling and sample preparation for chemical, bacteriological, helminthological analysis. (in Russian)
5. Iglovsky S.A. Technogenic changes in the geocryological conditions of the Dvina-Mezenskaya plain and Kanin peninsula, *Earth's Cryosphere*, 2008, Vol. 12, No. 1, p. 24–28. (in Russian)
6. Kriauciunas V.V. *Natural and technogenic radioactivity of the soils of the Arkhangelsk industrial agglomeration*, Abstract of Dissertation ... Cand. of Geol.-min. Sci. Moscow, 2008, 24 p. (in Russian)
7. Kriauciunas V.V., Kiselev G.P. ¹³⁷Cs in the upper soil horizons of the city of Arkhangelsk. In book: Ecology 2003. Mater. Conf. Arkhangelsk, 2003, p. 43–44. (in Russian)
8. Kriauciunas V.V., Kuznetsova I.A., Kotova E.I., Iglovsky S.A., Mironenko K.A., Sukhanov S.G. Natural and technogenic radionuclides in soils in a small russian arctic town, *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*, 2020, Vol. 27, No. 5, p. 11–20. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-5-11-20 (in Russian)
9. Kriauciunas V.V., Shakhova E.V. *Radiological studies in the city of Arkhangelsk*. In book: Radioactivity and radioactive elements in the human environment. Mater. Conf. Tomsk, 2016. p. 360–363. (in Russian)
10. *Method for measuring the activity of radionuclides using a scintillation gamma spectrometer with the Progress software*. Moscow: LLC NTC "Amplitude", 2016. 12 p. <http://amplituda.ru/services/metodicheskoe-obespechenie/mvi/metodika-izmereniya-aktivnosti-radionuklidov-s-ispolzovaniem-stsintillyatsionnogo-gamma-spektrometra-s-programmnym-obespecheniem-progress/> (in Russian)
11. *Industrial North. Nuclear technologies and habitat*. M.: Komtekhpriint, 2004, 40 p. (in Russian)
12. Sibiryakova I.A. *Retrospective and landscape analysis of the city of Mezen*. In book: Young Scientist. Collection of articles of the V International Research Competition. Penza, 2022a, p. 80–84. (in Russian)
13. Sibiryakova I.A. *Analysis of the formation of the silhouette of the city of Mezen*. In book: Best Scientific Research 2022. Collection of articles of the IV International Research Competition. Penza, 2022b, p. 71–76. (in Russian)
14. *Heavy metals in the soils of Karelia: monograph* / N.G. Fedorets [et al.]. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2015, 222 p. (in Russian)
15. Chen J., Zhang W., Sadi B., Wang X., Muir D.C.G. Activity concentration measurements of selected radionuclides in seals from Canadian Arctic, *Journal of Environmental Radioactivity*, 2017, Vol. 169–170, p. 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.12.015>
16. Cwanek A., Mietelski J.W., Łokas E., Olech M.A., Anczkiewicz R., Misiak R. Sources and variation of isotopic ratio of airborne radionuclides in Western Arctic lichens and mosses, *Chemosphere*, 2020, Vol. 239, p. 124783. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124783>
17. Łokas E., Mietelski J.W., Ketterer M.E., Kleszcz K., Wachniew P., Michalska S., Miecznik M. Sources and vertical distribution of ¹³⁷Cs, ²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu and ²⁴¹Am in peat profiles from southwestern Spitsbergen, *Applied Geochemistry*, 2013, Vol. 28, p. 100–108. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2012.10.027
18. Matishov G.G., Kasatkina N.E., Usyagina I.S. Technogenic Radioactivity of Waters in the Central Arctic Basin and Adjacent Water Areas, *Doklady Earth Sciences*, 2019, Vol. 485, p. 288–292. <https://doi.org/10.1134/S1028334X19030073>
19. Miroshnikov A.Y., Laverov N.P., Chernov R.A., Kudikov A.V., Ysacheva A.A., Semenov I.N., Aliev R.A., Asadulin E.E., Gavrilov M.V. Radioecological investigations on the Northern Novaya Zemlya Archipelago, *Oceanology*, 2017, Vol. 57, p. 204–214. <https://doi.org/10.1134/S000143701701009X>
20. Povinec P.P., Gera M., Holy K., Hirose K., Lujanienė G., Nakano M., Plastino W., Sykora I., Bartok J., Gažak M. Dispersion of Fukushima radionuclides in the global atmosphere and the ocean, *Applied Radiation and Isotopes*, 2013, Vol. 81, p. 383–392. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2013.03.058>
21. Saniewski M., Wietrzyk-Pelka P., Zalewska T., Olech M., Węgrzyn M.H. Bryophytes and lichens as fallout originated radionuclide indicators in the Svalbard archipelago (High Arctic), *Polar Science*, 2020, Vol. 25, p. 100536. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2020.100536>
22. Thakur P., Ballard S., Nelson R. An overview of Fukushima radionuclides measured in the northern hemisphere, *Science of The Total Environment*, 2013, Vol. 458–460, p. 577–613. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.03.105>
23. Vakulovsky S.M. *Estimation and prediction of the consequences for the environment and population of radioactive contamination of the river Yenisei by discharges of the Krasnoyarsk mining and chemical industrial*

complex. Final project technical report of International Science and Technology Centre (ISTC) Project 1404. Obninsk: SPA-Typhoon, 2003, p. 77.

24. UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) Report 2000: Sources and Effects of Ionizing Radiation. Report to General Assembly, with Scientific Annexes, United Nations. New York, 2000.

Received 06 May 2022

Accepted 26 September 2022

Published 26 September 2022

About the author(s):

Bazhenov Aleksandr Viktorovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Ecological Radiology, Institute of Geodynamics and Geology, Federal Research Center for Comprehensive Study of the Arctic, Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia); abv-2009@yandex.ru

Yakovlev Evgeniy Yurievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of the Laboratory of Ecological Radiology of the Institute of Geodynamics and Geology of the Federal Research Center for Comprehensive Study of the Arctic of the Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia); yakov24lev99@mail.ru

Iglovsky Stanislav Anatolyevich – Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Ecological Radiology, Institute of Geodynamics and Geology, Federal Research Center for Comprehensive Study of the Arctic, Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia); iglovskys@mail.ru

Druzhinin Sergey Valerievich – Researcher, Laboratory of Ecological Radiology, Institute of Geodynamics and Geology, Federal Research Center for Comprehensive Study of the Arctic, Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia); druzhininserg@yandex.ru

The authors read and approved the final manuscript



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)