

УДК 551.578.46:504.3.054(470.111)

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В СНЕГОВОМ ПОКРОВЕ УСЛОВНО ЧИСТОЙ ТЕРРИТОРИИ НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Пучков А.В., Яковлев Е.Ю., Друзинин С.В.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск, e-mail: vp-andrew@list.ru*

Авторами проведены исследования снегового покрова как индикатора загрязнения атмосферного воздуха условно чистой территории Ненецкого автономного округа (НАО) на содержание в нем естественных и искусственных радионуклидов. Условно чистой территорией определены бассейны рек Несь, Вижас, Ома, Снопа, Пеша и территории одноименных населенных пунктов. На данном этапе исследований были отобраны пробы снегового покрова с территорий бассейнов рек Несь, Вижас, Ома. В ходе проведения исследований была опробована методика пробоподготовки на основе пропускания талой воды через ионно-обменную смолу, что позволило в полевых условиях оперативно подготовить отобранный снег до стадии счетного образца. Выявлены повышенные значения суммарной объемной активности бета-излучающих радионуклидов, а также наличие искусственных радионуклидов цезий-137 и кобальт-60. Выдвинуто предположение, что факт повышенного содержания естественных радионуклидов может быть связан с малоинтенсивными радиационными аномалиями на данной территории (например, с повышенным содержанием радионуклида радий-226 в почве и поступлением продуктов его распада вместе с газообразным радионуклидом радон-222 в снеговой покров). Кроме этого, существенное влияние на данный параметр может оказывать радионуклид калий-40, источником которого является воздушный массоперенос. В связи с необходимостью подтверждения фактов наличия искусственных радионуклидов в снеговом покрове, а также выявления малоинтенсивных очагов естественных радиационных аномалий предложено проведение повторных исследований с расширением территории и сетки отбора проб. По проведенным результатам сделан вывод, что территория по параметрам снегового покрова является условно чистой (не измененной в части радиационного фактора процессами эксплуатации нефтегазовых месторождений).

Ключевые слова: снеговой покров, радиоэкологическая обстановка, ионно-обменная смола, радионуклид, цезий, кобальт

NATURAL AND ARTIFICIAL RADIONUCLIDES IN THE SNOW COVER OF THE BACKGROUND TERRITORY OF THE NENETS AUTONOMOUS OKRUG

Puchkov A.V., Yakovlev E.Yu., Druzinin S.V.

*Federal Centre for Integrated Arctic Research named after N.P. Laverov RAS,
Archangelsk, e-mail: vp-andrew@list.ru*

We studied the snow cover as an indicator of air pollution by natural and artificial radionuclides at background territories of Nenets autonomous okrug (NAO). We consider that background territories of the NAO are river basins named Nes', Vizhas, Oma, Snopa, Peosha and villages with same names. We took snow samples from the river basins named Nes', Vizhas, Oma through the first research level. The method of samples preparation was filtration of melt water through the ion-exchange resin with creating counting samples in situ. We found an increased level of total volume activity of beta emitting radionuclides. We found artificial radionuclides cesium-137 and cobalt-60 in snow cover samples. We assume that sources of increased level of natural radionuclides are low-intensity radiation anomalies in the area (for example, the source of increased level of natural radionuclides may be increased level of radionuclide radium-226 in soils and presence of its decay products with gaseous radon radon-222 in the snow cover. Radionuclide potassium-40, the source of which is air mass transfer, can influence on increased level of natural radionuclides. We suggest doing research again and expanding the sampling area to confirm the fact of the presence of artificial radionuclides in the snow cover, as well as the identification of low-intensity places of natural radiation anomalies. According to the results, it was concluded that the territory according to the parameters of the snow cover is conditionally clean (not changed in terms of the radiation factor by the processes of exploitation of oil and gas fields).

Keywords: snow cover, radioecological situation, ion-exchange resin, radionuclide, cesium, cobalt

Ненецкий автономный округ (НАО) – уникальный по своему богатому природно-ресурсному потенциалу регион, территория которого обладает ранимой, крайне чувствительной и трудно (медленно) восстанавливающейся экосистемой. И, несмотря на суровые природно-климатические условия и сложность пребывания населения в них, хозяйственная деятельность, ко-

торая ведется в данном регионе (особенно выделяется восточная часть НАО в силу интенсивного развития нефтегазодобывающей отрасли), а также на всей территории Северо-Западного федерального округа (СЗФО), оставила заметный экологический след. При этом особое внимание следует обратить на радиоэкологическую обстановку в регионе как минимум потому, что

ее изученность находится на крайне низком уровне.

Достаточно широко известно, что во многих нефтедобывающих регионах России и всего мира при добыче и подготовке углеводородов происходят образование и накопление осадков с повышенным содержанием радионуклидов естественного происхождения. Поступление их в окружающую среду возможно за счет следующих процессов: выщелачивания (вымывания) изотопов радия и продуктов их распада из осадков; выделения из них радона и радиоактивных аэрозолей; механического переноса частиц [1]. Радиоактивные вещества накапливаются во внутренних полостях оборудования в форме солевых отложений, основной составляющей которых являются радиобариты $Ba(Ra)SO_4$ [2].

Чтобы определить, изменяется ли радиэкологическая обстановка в восточном районе Ненецкого автономного округа (НАО) в связи с интенсивным развитием нефтегазодобывающей отрасли, необходимо изучить радиационные параметры объектов окружающей среды территорий НАО, условно свободных от воздействия указанного антропогенного фактора. В данном случае условно фоновым районом можно считать западную часть НАО в районе бассейнов рек Несь, Вижас, Ома, Снопа и Пеша.

Одним из путей загрязнения объектов окружающей среды служит перенос воздушных масс и выпадение атмосферных осадков. Изучение снегового покрова как одного из факторов (индикаторов) загрязнения атмосферного воздуха позволяет провести анализ количественного и качественного состава атмосферных выпадений за достаточно продолжительный период (зимний период) [3].

Целью исследования в данной работе было провести отбор проб снегового покрова на условно чистой территории НАО, обеспечить их качественную пробоподготовку в условиях базирования на данной территории и осуществить измерения радиационных параметров снегового покрова с применением высокоточной радиометрической и спектрометрической аппаратуры.

Материалы и методы исследования

Для достижения целей изучения радиационных параметров объектов окружающей среды территорий НАО, условно свободных от воздействия нефтегазодобывающей отрасли, в рамках данной работы авторами было проведено изучение снего-

вого покрова в районах населенных пунктов Несь, Вижас, Ома. Для этого в период с 14.02.2020 г. по 28.02.2020 г. были отобраны 11 проб указанного объекта. На момент отбора проб снеговой покров состоял из атмосферных осадков, выпавших в течение ноября (ориентировочно с 15.11.2019 г.), декабря 2019 г., января и частично февраля 2020 г. (всего около 90 дней). Площадь отбора составила 300 см². Отбор был проведен по всей глубине залегания снега. Точки отбора проб указаны на рис. 1.

Подготовка проб проводилась в полевых условиях с развешиванием лаборатории с минимальной технической оснащенностью (штатив, бюретки, держатели, ионно-обменная смола, дистиллированная вода, емкости различного объема, воронки, мерная посуда, секундомер). Методика подготовки проб заключалась в пропускании талой воды через ионно-обменную смолу (ИОС) промышленной фракции (КУ – 2 и АВ – 17 в пропорции 1:1, рН = 6,1, скорость пропускания пробы не более 2 л в час). За основу методики взят документ [4] с авторскими изменениями в части соотношения применяемых компонентов ИОС, объема ИОС и скорости пропускания пробы. Описанная методика предназначена для полевых исследований в целях оперативной подготовки проб слабоминерализованных водных сред больших объемов, в которых предполагается низкое содержание радионуклидов по значению их удельной (объемной) активности. Подтверждение эффективности работы ИОС проводилось через сравнение результатов измерений на радиационный фактор проб как в виде ИОС, так и в виде фильтрата талой воды.

Измерение проб в виде ИОС и талой воды на радиационный фактор осуществлялось с применением следующих средств измерений:

- полупроводникового гамма-спектрометрического комплекса ORTEC с детектором GEM 10 в низкофоном исполнении с азотным охлаждением (для определения гамма-излучающих радионуклидов и их поверхностной активности);

- низкофонового альфа-бета-радиометра РКС-01А «Абелия» (для определения суммарной поверхностной активности бета-излучающих радионуклидов);

- радиометра жидкосцинтилляционного спектрометрического Hydex SL-300 в низкофоном исполнении (для определения поверхностной активности радионуклида тритий).

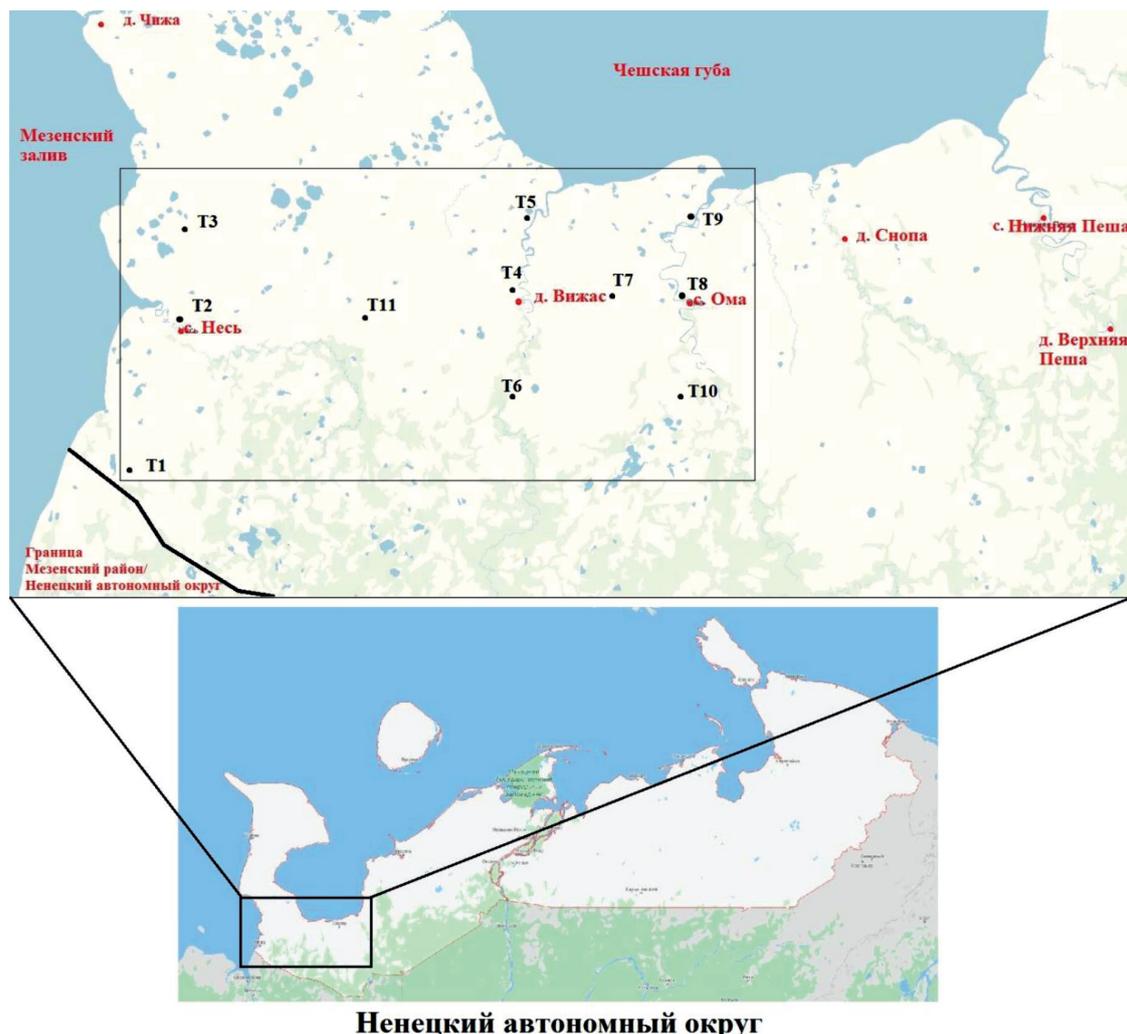


Рис. 1. План-схема отбора снегового покрова на условной чистой территории НАО

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты измерений проб снегового покрова с указанием точек отбора, объема проб, определяемых параметров и их значений приведены в таблице.

Авторами выявлены в отдельных точках повышенные значения суммарной поверхностной активности бета-излучающих радионуклидов в диапазоне значений от 37,2 до 64,2 Бк/м². Выдвинуто предположение, что факт повышенного содержания естественных радионуклидов может быть связан с малоинтенсивными радиационными аномалиями на данной территории (например, с повышенным содержанием радионуклида радий-226 в по-

чве и поступлением продуктов его распада вместе с газообразным радионуклидом радон-222 в снеговой покров). Кроме этого, весьма вероятным радионуклидом, вносящим существенный вклад в суммарную поверхностную активность бета-излучающих радионуклидов, является калий-40. Его поступление возможно путем переноса воздушными массами частиц песка или почвы. В силу того что значения активностей отдельных естественных радионуклидов не превышают значений их минимально измеряемых активностей с использованием вышеуказанной аппаратуры, достоверно определить радионуклид, вносящий основной вклад в суммарную активность проб снегового покрова, на данный момент не представляется возможным.

Точки отбора проб и их исследованные параметры

№ п/п	Точка отбора	Физические параметры пробы (объем снега, талой воды)	Радиационные параметры пробы, Бк/м ²						
			А пов., β	Ra-226	Th-232	K-40	Be-7	Cs-137	Co-60
1	Граница Мезенский район – НАО	Объем снега – 21 л; Объем талой воды – 7,88 л	4,75	менее 11,0	менее 5,0	менее 210,0	150,0	---	---
2	В районе с. Несь	Объем снега – 21 л; Объем талой воды – 8,03 л	15,80	менее 14,0	менее 9,0	менее 260,0	110,0	---	---
3	18 км на север от с. Несь	Объем снега – 21 л; Объем талой воды – 8,86 л	9,80	менее 12,0	менее 11,0	менее 270,0	100,0	---	---
4	В районе д. Вижас	Объем снега – 21 л; Объем талой воды – 5,84 л	4,24	менее 9,0	менее 6,0	менее 210,0	130,0	---	---
5	15 км на север от д. Вижас	Объем снега – 30 л; Объем талой воды – 14,51 л	52,6	менее 9,0	менее 6,0	менее 210,0	130,0	---	---
6	15 км на юг от д. Вижас	Объем снега – 21 л; Объем талой воды – 7,51 л	64,2	менее 5,0	менее 4,4	менее 200,0	59,0	13,0	12,0
7	15 км на восток от д. Вижас	Объем снега – 21 л; Объем талой воды – 5,44 л	63,1	менее 5,0	менее 10,0	менее 240,0	69,0	---	---
8	В районе с. Ома	Объем снега – 21 л; Объем талой воды – 5,51 л	17,2	менее 13,0	менее 8,0	-----	80,0	---	---
9	15 км на север от с. Ома	Объем снега – 21 л; Объем талой воды – 5,41 л	37,2	менее 11,0	менее 4,0	менее 190,0	39,0	8,0	---
10	15 км на юг от с. Ома	Объем снега – 21 л; Объем талой воды – 7,06 л	9,42	менее 10,0	менее 8,0	менее 200,0	150,0	---	---
11	15 км на запад от д. Вижас	Объем снега – 21 л; Объем талой воды – 6,70 л	52,4	менее 9,0	менее 5,0	-----	121,0	---	---

Кроме этого, в двух точках отбора (точки 6 и 9) в незначительных количествах выявлено наличие искусственных радионуклидов – цезия-137 и кобальта-60. На рисунке 2 приведен спектр амплитудного распределения с четко выраженными пиками полного поглощения энергии гамма-излучения радионуклидов цезий-137 (библиотечное значение энергии гамма-излучения 661,6 кэВ) и кобальт-60 (библиотечные значения энергий гамма-излучения 1173,24 кэВ, 1332,5 кэВ). Необходимо принять во внимание, что наличие искусственных радионуклидов в снеговом покрове можно объяснить только переносом их воздушными массами. Источник данных искусственных радионуклидов на текущий момент выявляется. Не исключены подготовка и проведение повторных полевых работ с увеличением частоты отбора проб.

Весьма интересным оказался следующий факт. Параллельно отбору проб на наличие радионуклидов в этих же точках осуществлялся отбор проб снегового покрова на наличие тяжелых металлов. Фильтрация в данном случае проводилась через фильтр мембранный 0,45 мкм из полиэфирсульфона, через который

полностью пропускаются (не задерживаются) растворенные соединения. Данный фильтр мы попытались использовать с целью подтверждения наличия искусственных радионуклидов в вышеуказанных точках. На спектре амплитудного распределения при измерении данного фильтра на полупроводниковом спектрометре пиков полного поглощения энергии гамма-излучения радионуклидов цезия-137 и кобальта-60 обнаружено не было. Кроме этого, радионуклид бериллий-7 (который присутствовал во всех отобранных пробах) также не был обнаружен. Данные факты указывают на растворенное состояние выявленных искусственных радионуклидов (хотя это и не свойственно для радионуклида кобальт-60, являющегося продуктом «наведенной активности»).

Для сведений необходимо отметить, что активность радионуклида бериллий-7 приведена на момент измерения (расчет активности данного радионуклида с учетом поправки на распад в данной работе не проводился в связи с отсутствием необходимости и возможности).

Погрешность измерений вышеприведенных параметров не превышала 40 %.

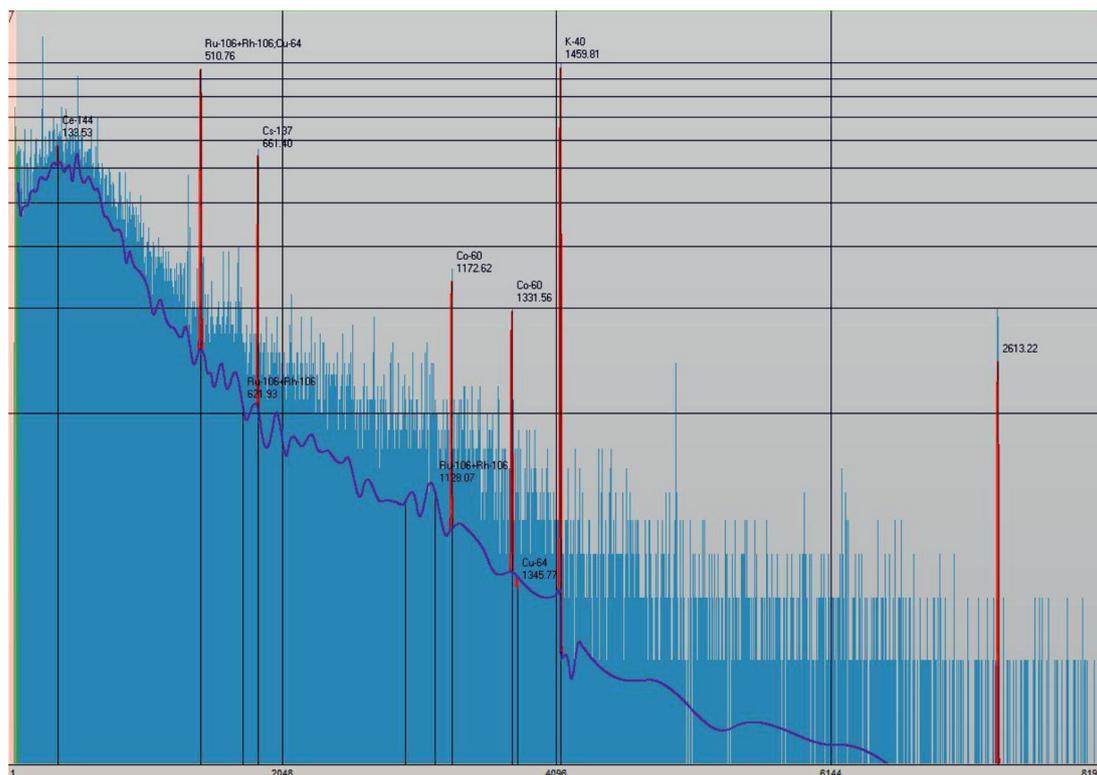


Рис. 2. Спектр амплитудного распределения с выявленными радионуклидами цезий-137 и кобальт-60

Кроме измерений радиационных параметров проб методами полупроводниковой спектрометрии и альфа-бета-радиометрии, в работе был применен в экспериментальном режиме метод жидкосцинтиляционной радиометрии для определения активности радионуклида тритий. В существующем исполнении жидкосцинтиляционный радиометр Hydrex SL-300 позволил определить данный радионуклид с минимально измеряемой активностью (МИА) в счетном образце 0,11 Бк. Во всех отобранных пробах активность радионуклида тритий оказалась ниже порога чувствительности (пороговые значения активности в отобранных пробах оказались в диапазоне от $2,5 \cdot 10^3$ до $6,7 \cdot 10^3$ Бк/м²). Данные пороговые значения показывают отсутствие крупного техногенного загрязнения радионуклидом тритий, но для определения фоновых и малых значений активности техногенного характера (ориентировочно от 2 Бк/л согласно [5] до 13 Бк/л – МИА для Hydrex SL-300 в существующем исполнении) в снеговом покрове требуется доработка существующего средства измерения, в том числе применение метода концентрирования.

Заключение

Необходимо отметить, что отобранные пробы снегового покрова не отличаются значительно повышенными активностями естественных радионуклидов (как привнесенными с воздушными массами, так и в связи с наличием радионуклидов в почвах на данной территории). За исключением спорного факта наличия искусственных радионуклидов в незначительных количествах, исследованную территорию по параметрам снегового покрова можно считать условно чистой (не измененной в части радиационного фактора процессами эксплуатации нефтегазовых месторождений).

Для подтверждения и уточнения результатов проведенных исследований требуются дополнительные отборы проб снегового покрова на той же территории с более частой сеткой точек отбора, а также дополнительно на территориях бассейнов рек Снопа и Пеша.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-1919.2020.5.

Список литературы / References

1 Кубарев П.Н., Мингазов М.Н., Хисамутдинов А.Ф., Бадрутдинов О.Р., Билалов Ф.С. Радиоэкологические исследования пресных подземных вод на нефтепромыслах ОАО «ТАТНЕФТЬ» // Георесурсы. 2009. № 4. С. 46–48.

Kubarev P.N., Mingazov M.N., Khisamutdinov A.F., Badrutdinov O.R., Bilalov F.S. Radio-ecological research of free-salined ground waters on «Tatneft» oil fields // Georesursy. 2009. № 4. P. 46–48 (in Russian).

2 Лебедев В.А., Карабута В.С. Проблемы обеспечения радиационной безопасности в нефтедобывающей промышленности России // Молодой ученый. 2016. № 1 (105). С. 257–261.

Lebedev V.A., Karabuta V.S. Problems of ensuring radiation safety in the oil industry of Russia // Molodoj uchenyj. 2016. № 1 (105). P. 257–261 (in Russian).

3 Курмазова Н.А. Снег как индикатор загрязнения атмосферного воздуха // Технические науки – от теории к практике. 2012. № 12. С. 87–90.

Kurmazova N.A. Snow as an indicator of air pollution // Engineering – from theory to practice. 2012. № 12. P. 87–90 (in Russian).

4 РД 52.18.826-2015 «Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 12. Наблюдения за радиоактивным загрязнением компонентов природной среды». 2016. 102 с.

5. Макаров В.Н. Тритий в снежном покрове среднетаежных ландшафтов Центральной Якутии // Геохимия. 2016. № 11. С. 1040–1045. DOI: 10.7868/S0016752516090041.

Makarov V.N. Tritium in the snow cover at mid-taiga landscapes in central Yakutia // Geochemistry International. 2016. № 11. P. 1040–1045 DOI: 10.1134/S0016702916090044.