

**Состав снежного покрова западной части  
Ненецкого автономного округа  
(тяжелые металлы и радиоактивность)**

*Е.И. Котова<sup>1),2)\*</sup>, А.В. Пучков<sup>1)</sup>, Е.Ю. Яковлев<sup>1)</sup>,  
Н.Л. Иванченко<sup>1),3)</sup>, Д.Д. Бедрина<sup>1)</sup>*

<sup>1)</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. академика Н.П. Лаврова УрО РАН,  
Россия, 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 23

<sup>2)</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
Россия, 117997, г. Москва, Нахимовский пр., д. 36

<sup>3)</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
Центр коллективного пользования научным оборудованием «Арктика»,  
Россия, 163000, г. Архангельск, ул. Северодвинская, д. 14

Адрес для переписки: \*ecopp@yandex.ru

**Реферат.** Ненецкий автономный округ (НАО) располагается в суровых природно-климатических условиях, что обуславливает чувствительность экосистем данной территории даже к незначительным изменениям и загрязнению. Для оценки трансформации окружающей среды в восточном районе НАО, где происходит интенсивное развитие нефтегазодобывающей отрасли, необходимы данные о фоновом состоянии основных компонентов территории региона, неподверженным техногенным воздействиям. Цель настоящей работы заключалась в получении данных о составе снежного покрова территорий НАО, свободных от промышленного освоения. Полевые исследования проходили в западной части НАО – в бассейнах рек Несь, Вижас, Ома, Снопа и Пеша – в районах, наиболее удаленных от промышленного освоения. Задачами исследования были отбор проб снежного покрова, определение содержания тяжелых металлов в снеге и его радиоактивности, расчет атмосферных потоков нерастворимых частиц, оценка возможности использовать данные территории в качестве фоновых.

---

\*Материалы статей были представлены на II Всероссийской научной конференции с международным участием «Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Экосистемы и климат Арктической зоны», проведенной 25-27 ноября 2020 г. Институтом глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля совместно с Институтом географии РАН.

The materials of the article were presented at the II All-Russian scientific conference with international participation "Monitoring of Environmental State and Pollution. Ecosystems and Climate of Arctic zone", held on November 25-27, 2020 by the Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology together with the Institute of Geography, Russian Academy of Sciences.

---

В ходе исследований для определения радиоактивности проб 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. Для определения содержания ТМ использовались стандартные методики. Установлено, что наиболее чистой по содержанию растворимых форм металлов является точка, расположенная в 18 км на север от с. Несь. Химический состав взвеси неоднороден по территории. На границе Мезенского района и НАО определены максимальные концентрации во взвеси хрома, меди, цинка, свинца, кадмия мышьяка. Во взвеси в устье р. Ома обнаружено высокое содержание железа, кобальта и ванадия. Отсутствуют или определены в минимальных количествах металлы в нерастворимой части снега в районе д. Вижас. По результатам измерений радиационных характеристик отобранные пробы снежного 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). В пространственном отношении прослеживаются различия состава снежного покрова между побережьем Мезенского залива и Чешской губы. Наиболее чистой по значениям поступления металлов на единицу площади в сутки можно считать междуречье рек Ома и Вижас.

**Ключевые слова.** Снежный покров, Ненецкий автономный округ, тяжелые металлы, радиоактивность.

### **Snow composition of the western part of the Nenets Autonomous Okrug (heavy metals and radioactivity)**

*E.I. Kotova<sup>1), 2)</sup>\*, A.V. Puchkov<sup>1)</sup>, E.Yu. Yakovlev<sup>1)</sup>,  
N.L. Ivanchenko<sup>1), 3)</sup>, D.D. Bedrina<sup>1)</sup>*

<sup>1)</sup> N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
23, emb. Severnaya Dvina, 163000, Arkhangelsk, Russian Federation

<sup>2)</sup> Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences,  
36, Nakhimovsky prospect, 117997, Moscow, Russian Federation

<sup>3)</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Center for collective use of scientific equipment «Arctic»,  
14, Severodvinskaya str., 163000, Arkhangelsk, Russian Federation

Correspondence address: \*[ecopp@yandex.ru](mailto:ecopp@yandex.ru)

**Abstract.** The Nenets Autonomous Okrug (NAO) is located in harsh natural and climatic conditions. This makes the ecosystems of the area sensitive to pollution.

In the eastern region of the NAO there is an intensive development of the oil and gas industry. To assess the change in the state of the environment, data are needed on the background state of the main components of the territory of the region,

undue technological impacts. The purpose of this work was to obtain data on the composition of the snow cover of the NAO territories free from industrial development. Field research took place in the western part of the NAO – in the basins of the Nes, Vizhas, Oma, Snopa and Pesha rivers. These are the areas farthest from industrial development. The tasks of the study included sampling snow cover, determining the content of heavy metals, radioactivity of snow cover, calculating atmospheric flows of insoluble particles, assessing the possibility of using these areas as background.

In the course of studies to determine the radioactivity of samples, a sample preparation method was tested based on the passage of melted water through ion exchange resin, which allowed to quickly prepare the collected snow in the field before the counting sample stage. Standard techniques were used to determine HM content. It was established that the most pure in terms of the content of soluble forms of metals is a point located 18 km north of the village Nes. The chemical composition of the suspension is heterogeneous in territory. Maximum concentrations in the suspension of chromium, copper, zinc, lead, cadmium arsenic are determined at the border of the Mezen region and NAO. In the suspension at the mouth of the river Oma is high in iron, cobalt and vanadium, but low in zinc, cadmium and lead. There are no or minimal amounts of metals in the insoluble part of the snow in the area of the village Vizhas. According to the results of measurements of radiation characteristics, the taken snow cover samples do not differ in significantly increased activities of natural radionuclides (both introduced with air masses and due to the presence of radionuclides in soils in this territory). In spatial terms, there are differences in the composition of the snow cover between the coast of the Mezen Bay and the Chesha Bay. The most pure in terms of metal inflow per unit area per day can be considered the interfluvium of the Oma and Vizhas rivers.

**Keywords.** Snow cover, Nenets Autonomous Okrug, heavy metals, radioactivity.

## Введение

Природно-климатические условия Ненецкого автономного округа (НАО) обуславливают чувствительность арктических экосистем данной территории даже к незначительным антропогенным воздействиям. На территории НАО происходит интенсивное развитие объектов нефтегазодобывающей отрасли, сопровождающееся значительным поступлением загрязняющих веществ в атмосферу. При сжигании попутного нефтяного газа помимо парниковых газов и сажи, в атмосферу попадают оксиды азота, монооксид углерода, тяжелые металлы (хром, ртуть) и другие опасные для окружающей среды компоненты (Кирюшин и др., 2013). Микроэлементы и, в частности, тяжелые металлы (ТМ) переносятся в атмосфере на аэрозольных частицах субмикронного размера на расстояния в несколько тысяч километров. В результате, даже для арктических территорий оказывается значимым вынос ТМ атмосферными потоками из районов их максимальных эмиссий в атмосферу (крупные города и промышленные комплексы средних и северных широт) (Виногра-

---

дова, 2015). Формирование ионного состава атмосферных осадков и снежного покрова проходит под воздействием интенсивного переноса воздушных масс (Котова, 2013). Многочисленные нефтегазовые месторождения НАО, их разработка и освоение формируют несвойственное другим территориям (свободным от таких месторождений) пространственное и временное распределение естественных радионуклидов, в том числе с выходом их на поверхность вместе с углеводородами и сопутствующими водами за счет выщелачивания изотопов радия и продуктов их распада из осадков в форме солевых отложений (в основном радиобариты  $Ba(Ra)SO_4$ ), выделения из них радона, а также за счет механического переноса частиц.

Месторождения углеводородов находятся на территории Большеземельской тундры (восточная часть НАО). Для оценки изменения состояния окружающей среды в этом районе необходимы показатели фоновых территорий НАО, неподверженных прямому антропогенному воздействию. Предполагается, что такой территорией можно считать район Малоземельской тундры (западная часть НАО): бассейн рек Несь, Ви́жас, Ома, Снопа и Пеша, где и было проведен отбор проб.

Снег является хорошим индикатором атмосферного загрязнения. Загрязняющие вещества поступают из атмосферы в виде сухих и влажных выпадений и накапливаются в снежном покрове в течение всего зимнего периода. Изучению состава снежного покрова посвящено много работ (Гордеев, Лисицын, 2005; Яхнин и др., 2003; Ермолов и др., 2014; Шевченко и др., 2015; Василевич и др., 2015; Таловская и др., 2014), направленных как на выявление антропогенных источников загрязнения, так и на установление фоновых показателей содержания макро- и микрокомпонентов в нем и определение техногенной нагрузки. Использование снежного покрова в качестве объекта исследования состава компонентов окружающей среды дает возможность определять низкие концентрации химических элементов в фоновых районах путем концентрирования пробы.

Цель работы: получение данных о составе снежного покрова территорий, расположенных в западной части НАО, свободной от промышленного освоения.

В задачи исследования входили отбор проб снежного покрова в западной части НАО, определение содержания тяжелых металлов в снеге и его радиоактивности, расчет атмосферных потоков нерастворимых частиц, оценка возможности использовать данные территории в качестве фоновых.

## **Материалы и методы**

Для изучения состояния окружающей среды западной части Ненецкого автономного округа в феврале 2020 года осуществлен отбор проб снежного покрова в 11 точках (рис. 1).

Отбор проб производился с площадок (10×30 см) в пластиковую тару с помощью пластикового пробоотборника на всю глубину залегания снежного покрова (исключая самый нижний 5 см слой). Отобранные пробы растапливались в полевых условиях.

---

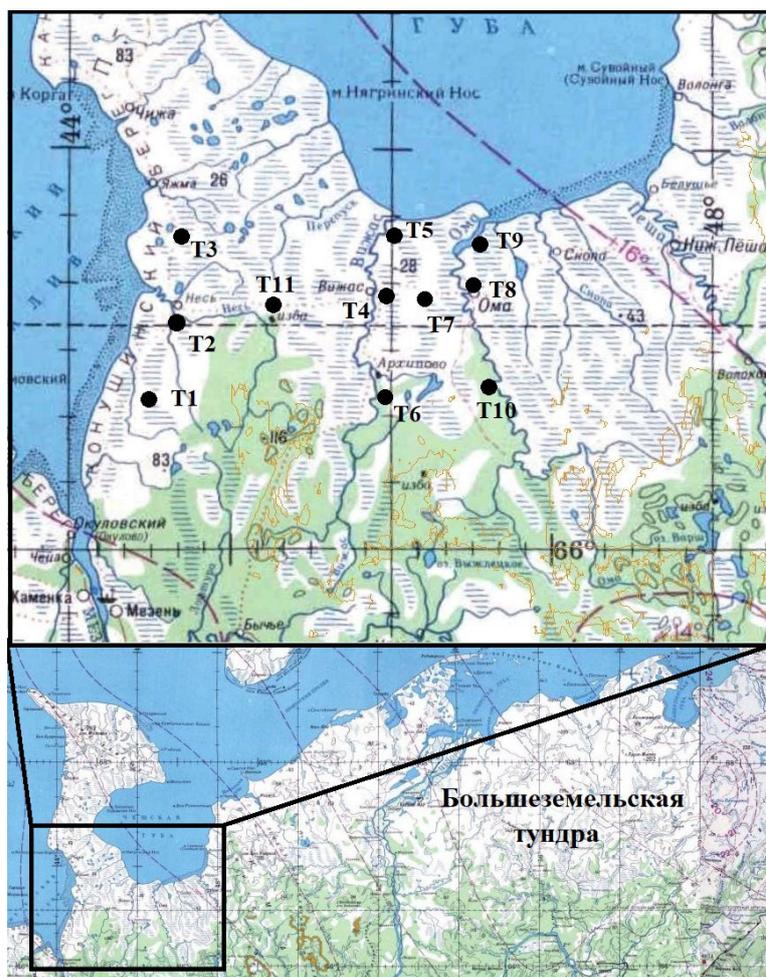


Рисунок 1. Схема расположения точек отбора проб

Picture 1. Sampling points layout

Нерастворимое взвешенное вещество снега было выделено методом вакуумной фильтрации на предварительно взвешенные мембранные фильтры диаметром 47 мм с порами 0.45 мкм. Суммарный объем талой воды, прошедшей через фильтр, фиксировался. После фильтрации фильтры были упакованы в чашки Петри и высушены в сушильном шкафу при 55°C. Определение массовой концентрации взвешенного вещества в снеге осуществлялось гравиметрическим методом (Стародымова и др., 2018).

При проведении химического разложения фильтров открытым способом использовались условия пробоподготовки, регламентируемые в методике (ФР.1.31.2016.22894). Одновременно отбирались пробы фильтрата для определения содержания растворимых форм металлов. Анализ проб на содержание хрома, марганца, кобальта, никеля, меди, цинка, кадмия, свинца, железа, ванадия и мышьяка был проведен методом ИСП-МС (Aurora Elite, Bruker). Аналитические исследования выполнены на оборудовании ЦКП НО

«Арктика» (Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова) (номер записи в Реестре аккредитованных лиц – РОСС RU.0001.21АЛ65).

Методика подготовки проб для измерения радиационных параметров 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 литров в час) (РД 52.18.826-2015, 2016). Измерение проб снежного покрова на радиационный фактор проводилось с применением низкофонового альфа-бета-радиометра РКС-01А «Абелия».

Расчет пылевой нагрузки ( $\text{мг}/\text{м}^2\text{сут}$ ) проводился по формуле (Методические рекомендации ..., 1982):

$$P_{\text{взв}} = M_{\text{взв}} / (S \times t),$$

где  $M_{\text{взв}}$  – масса взвеси, осажденной снегом, мг;  $S$  – проективная площадь осаднения,  $\text{м}^2$ ;  $t$  – время от начала установления снежного покрова до момента отбора проб, сут.

Поступление химических элементов в составе снеговой пыли ( $\text{мкг}/\text{м}^2\text{сут}$ ) рассчитывалось по формуле (Методические рекомендации ..., 1982):

$$P_{\text{эле}} = P_{\text{взв}} \cdot C_{\text{эле}};$$

$C_{\text{эле}}$  – концентрация элемента в пробе,  $\text{мг}/\text{кг}$ ;  $P_{\text{взв}}$  – поступление пыли,  $\text{г}/\text{м}^2\text{сут}$ .

## Результаты и обсуждения

Содержание взвеси в снеге изменялось в диапазоне 0.55-16.18  $\text{мг л}^{-1}$ . Низкие значения определены в прибрежной части Мезенского залива (0.56-0.80  $\text{мг л}^{-1}$ ), максимальное значение получено в устье р. Ома (т. 9) – 16.18  $\text{мг л}^{-1}$ .

По данным расчета поступления нерастворимых частиц на поверхность из атмосферы (табл. 1 наибольшая пылевая нагрузка ( $P_{\text{взв}} = 1.90\text{-}2.45 \text{ мг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ ) определена в бассейне р. Ома (т. 9, 10, восточная часть участка исследований), наименьшая – в точке 3, расположенной в 18 км на север от с. Несь ( $P_{\text{взв}} = 0.30 \text{ мг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ ).

Состав взвеси неоднороден по территории. На границе Мезенского района и НАО (т. 1) определены максимальные концентрации во взвеси хрома, меди, цинка, свинца, кадмия, мышьяка. Во взвеси в устье р. Ома (т. 9) обнаружено высокое содержание железа, марганца и ванадия. Отсутствуют или определены в минимальных количествах металлы в нерастворимой части снега в районе д. Вижас (т. 4).

Полученные данные по суммарной пылевой нагрузке согласуются с данными для фоновых районов Архангельской области (Стародымова и др., 2018) и Кандалакшского залива (Стародымова и др., 2016).

Величина пылевых потоков вблизи с. Ома (т. 9) сходна с уровнем потоков на территории Архангельской области, подверженной влиянию автотрассы. Расчет пылевой нагрузки металлов на единицу площади здесь (табл. 1) показал повы-

шенное относительно других точек исследования поступление нерастворимых форм железа ( $280 \text{ мкг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ ), марганца ( $0.98 \text{ мкг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ ), ванадия ( $0.25 \text{ мкг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ ), хрома ( $0.12 \text{ мкг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ ), кобальта ( $0.05 \text{ мкг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ ).

**Таблица 1.** Поступление веществ на подстилающую поверхность ( $\text{мкг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ )

**Table 1.** Compounds intake to the underlying surface ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ )

Показатель	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T.7	T.8	T.9	T.10
Нерастворимые частицы	496	441	303	634	468	826	799	2204	2452	1901
Cr	$\frac{136^*}{0.04}$	$\frac{95}{0.01}$	$\frac{141}{0.02}$	$\frac{123}{< 0.01}$	$\frac{140}{0.01}$	$\frac{131}{< 0.01}$	$\frac{94}{< 0.01}$	$\frac{96}{0.01}$	$\frac{91}{0.12}$	$\frac{103}{< 0.01}$
Mn	$\frac{17}{0.08}$	$\frac{27}{0.11}$	$\frac{17}{0.03}$	$\frac{23}{0.09}$	$\frac{16}{0.01}$	$\frac{17}{0.06}$	$\frac{14}{0.06}$	$\frac{18}{0.13}$	$\frac{26}{0.98}$	$\frac{45}{0.40}$
Co	$\frac{0.5}{< 0.01}$	$\frac{0.4}{< 0.01}$	$\frac{0.6}{< 0.01}$	$\frac{0.5}{< 0.01}$	$\frac{0.5}{< 0.01}$	$\frac{0.4}{< 0.01}$	$\frac{0.3}{< 0.01}$	$\frac{0.4}{< 0.01}$	$\frac{0.5}{0.05}$	$\frac{0.4}{< 0.01}$
Ni	$\frac{85}{0.02}$	$\frac{56}{0.01}$	$\frac{83}{0.01}$	$\frac{76}{0.04}$	$\frac{86}{0.03}$	$\frac{80}{0.02}$	$\frac{57}{0.01}$	$\frac{59}{0.01}$	$\frac{56}{0.08}$	$\frac{63}{< 0.01}$
Cu	$\frac{7}{0.08}$	$\frac{6}{0.04}$	$\frac{7}{0.10}$	$\frac{5}{0.02}$	$\frac{6}{0.04}$	$\frac{6}{0.02}$	$\frac{4}{0.01}$	$\frac{4}{0.02}$	$\frac{4}{0.07}$	$\frac{5}{0.01}$
Zn	$\frac{229}{0.09}$	$\frac{< 0.01}{0.03}$	$\frac{< 0.01}{0.09}$	$\frac{< 0.01}{0.04}$	$\frac{< 0.01}{0.04}$	$\frac{< 0.01}{0.07}$	$\frac{< 0.01}{0.08}$	$\frac{< 0.01}{0.10}$	$\frac{< 0.01}{0.26}$	$\frac{< 0.01}{0.17}$
Cd	$\frac{0.01}{< 0.01}$	$\frac{< 0.01}{< 0.01}$	$\frac{0.01}{0.01}$	$\frac{< 0.01}{0.01}$	$\frac{< 0.01}{< 0.01}$	$\frac{< 0.01}{< 0.01}$	$\frac{0.01}{< 0.01}$	$\frac{< 0.01}{< 0.01}$	$\frac{< 0.01}{< 0.01}$	$\frac{0.01}{< 0.01}$
Pb	$\frac{0.93}{0.05}$	$\frac{< 0.01}{0.01}$	$\frac{< 0.01}{0.06}$	$\frac{< 0.01}{0.02}$	$\frac{< 0.01}{0.03}$	$\frac{< 0.01}{0.02}$	$\frac{< 0.01}{0.03}$	$\frac{< 0.01}{0.02}$	$\frac{< 0.01}{0.07}$	$\frac{0.44}{0.02}$
Fe	$\frac{144}{2.5}$	$\frac{119}{1.9}$	$\frac{132}{1.6}$	$\frac{114}{0.9}$	$\frac{130}{1.0}$	$\frac{120}{1.4}$	$\frac{85}{1.1}$	$\frac{86}{2.5}$	$\frac{85}{280}$	$\frac{92}{0.03}$
V	$\frac{0.43}{< 0.01}$	$\frac{0.39}{< 0.01}$	$\frac{0.55}{< 0.01}$	$\frac{0.43}{< 0.01}$	$\frac{0.59}{< 0.01}$	$\frac{0.41}{< 0.01}$	$\frac{0.36}{< 0.01}$	$\frac{0.32}{< 0.01}$	$\frac{0.94}{0.25}$	$\frac{0.44}{< 0.01}$
As	$\frac{0.19}{< 0.01}$	$\frac{0.18}{< 0.01}$	$\frac{0.10}{< 0.01}$	$\frac{0.13}{< 0.01}$	$\frac{0.13}{< 0.01}$	$\frac{0.09}{< 0.01}$	$\frac{0.08}{< 0.01}$	$\frac{0.17}{< 0.01}$	$\frac{0.30}{0.03}$	$\frac{0.21}{< 0.01}$

**Примечание.**

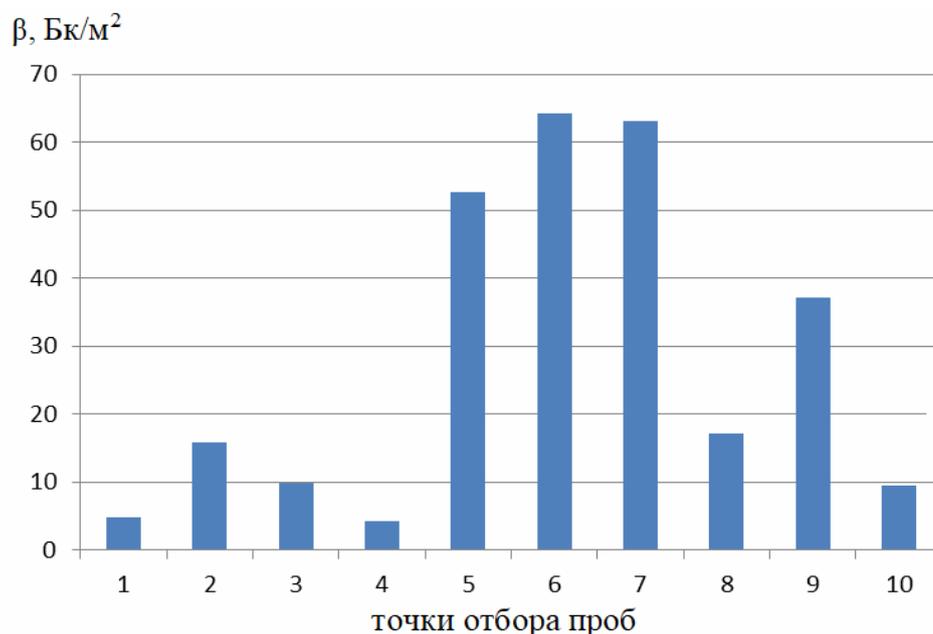
\* в числителе – в растворенном виде, в знаменателе – в составе взвеси

Потоки Ni, Cd, Pb на территории НАО за весь сезон соответствуют уровню месячных потоков данных металлов в фоновых районах Архангельской области, что в принципе объяснимо отсутствием близко расположенных источников. Потоки металлов сравнимы с данными модельных оценок потоков по данным международной программы ЕМЕР (Виноградова, 2015). В пространственном отношении прослеживаются различия между побережьем Мезенского залива и Чешской губы. Ввиду отсутствия каких-либо источников непосредственно в районе отбора, предполагаемым источником можно считать дальний перенос от районов добычи углеводородов, Норильска, Кольского полуострова (Шевченко, 2019; Виноградова и др., 2008). Таким образом, различие в процессах атмосферной циркуляции препятствуют переносу веществ и загрязнению снежного покрова на территории Мезенского залива.

В снежном покрове исследуемой территории большинство тяжелых металлов находится в растворенном виде. Исключение составляют свинец и цинк, содержание которых в растворенном виде определено лишь на границе Мезенского района и НАО.

Согласно полученным данным наиболее чистой по содержанию растворимых форм металлов является точка 3, расположенная в 18 км на север от с. Несь. Потоки никеля в растворенной форме на одном уровне на всей территории (см. табл. 1). В устье р. Ома (т. 9), отмечены повышенные потоки растворимых форм ванадия ( $0.94 \text{ мкг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ ) и мышьяка ( $0.30 \text{ мкг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ ) при низком содержании меди ( $4 \text{ мкг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ ) и железа ( $85 \text{ мкг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ ). Присутствие растворимых форм цинка, свинца, в устье р. Ома как и практически во всех пробах, а также кадмия, не обнаружено. Поступление растворимых форм цинка на уровне  $229 \text{ мкг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$  и свинца на уровне  $0.93 \text{ мкг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$  определено на границе Мезенского района и НАО (т. 1). Здесь же получены высокие значения потоков растворимой формы хрома ( $136 \text{ мкг м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ ). Скорее всего, это может быть связано с воздействием автотранспорта.

По результатам радиационных измерений отобранные пробы снежного 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). Значения суммарной активности по альфа-излучающим радионуклидам не превышали порога чувствительности по всем пробам. В отдельных точках (рис. 2) бассейна р. Вижас (точки 5-7) получены повышенные значения суммарной поверхностной активности бета-излучающих радионуклидов ( $52.6\text{-}64.2 \text{ Бк м}^{-2}$ ).



**Рисунок 2.** Значения суммарной поверхностной активности бета-излучающих радионуклидов, Бк м<sup>-2</sup>

**Picture 2.** Values of the total surface activity of beta-emitting radionuclides, Bq m<sup>-2</sup>

Корреляционный анализ выявил прямую значимую связь между содержанием ванадия, кобальта и мышьяка ( $R = 0.54-0.78$ ), железа и меди ( $R = 0.88$ ), мышьяка и марганца ( $R = 0.69$ ), хрома и никеля ( $R = 0.86$ ), что свидетельствует о единых источниках поступления данных металлов в снег. Обратная связь получена для кадмия с содержанием кобальта и мышьяка ( $R = -0.54 \dots -0.57$ ).

### Заключение

По результатам исследований центральную часть Малоземельской тундры можно считать фоновой как в отношении тяжелых металлов, так и касательно радиоактивного загрязнения. Наиболее чистой по значениям поступления металлов на единицу площади в сутки можно считать междуречье рек Ома и Вижас.

Отобранные пробы снежного покрова в целом не отличаются повышенными значениями радиоактивности в сравнении с результатами, приведенными в докладах о состоянии окружающей среды регионов России (Доклад ..., 2020). Полученные данные можно использовать при оценке радиоэкологической ситуации в целом по НАО, в том числе относительно интенсивно развивающейся деятельности по разработке месторождений углеводородов.

Для подтверждения и уточнения результатов проведенных исследований требуются дополнительные отборы проб снега на той же территории с более частой сеткой точек отбора, а также дополнительно на территориях бассейнов рек Снопа и Пеша. Данные работы планируется провести в следующем году.

### Список литературы

Василевич, М.И., Безносилов, В.А., Кондратенко, Б.М. (2015) Накопление растворимых и малорастворимых форм металлов в снежном покрове таёжной зоны Европейского северо-востока России, *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология*, № 2, с. 111-118.

Виноградова, А.А. (2015) Потоки свинца и кадмия из атмосферы на поверхность на европейской территории России – по данным международной программы ЕМЕР, *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, № 12, с. 111-115.

Виноградова, А.А., Максименков, Л.О., Погарский, Ф.А (2008) Влияние промышленности Норильска и Урала на окружающую среду различных районов Сибири, *Оптика атмосферы и океана*, № 6, с. 479-485.

Гордеев, В.В., Лисицын, А.П. (2005) Тяжелые металлы в снежном и ледовом покрове Баренцева моря, *Океанология*, т. 45, № 5, с. 777–784.

Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Ненецкого автономного округа в 2019 году» (2020) 144 с., электронный ресурс, URL: <http://dprea.adm-nao.ru/ekologiya/doklady-o-sostoyanii-okruzhayushej-sredy-v-nenec-kom-avtonomnom-okruge/>, (дата обращения 15.03.2021).

---

Ермолов, Ю.В., Махатков, И.Д., Худяев, С.А. (2014) Фоновые концентрации химических элементов в снежном покрове центрального сектора Западной Сибири, *Оптика атмосферы и океана*, т. 27, № 9, с. 790-800.

Кирюшин, П.А., Книжников, А.Ю., Кочи, К.В., Пузанова, Т.А., Уваров, С.А. (2013) Попутный нефтяной газ в России: «Сжигать нельзя, перерабатывать!», *Аналитический доклад об экономических и экологических издержках сжигания попутного нефтяного газа в России*, М., Всемирный фонд дикой природы (WWF), 88 с.

Котова, Е.И. (2013) *Оценка влияния местных источников загрязнения и дальнего переноса на формирование ионного состава атмосферных осадков и снежного покрова прибрежной зоны западного сектора Арктики*, Автореф. дис. ... канд. географ. наук, Ростов-на-Дону, 23 с.

*Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды* (1982) М., ИМГРЭ, 66 с.

РД 52.18.826-2015 (2016) *Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Наблюдения за радиоактивным загрязнением компонентов природной среды*, выпуск 12, 102 с.

Стародымова, Д.П., Шевченко, В.П., Белоруков, С.К., Булохов, А.В., Коробов, В.Б., Яковлев, А.Е. (2018) Геохимия рассеянного осадочного вещества снега в Приморском районе Архангельской области, *Успехи современного естествознания*, № 2, с. 140-145.

Стародымова, Д.П., Шевченко, В.П., Боев, А.Г. (2016) Вещественный и элементный состав нерастворимых частиц в снеге северо-западного побережья Кандалакшского залива Белого моря, *Успехи современного естествознания*, № 12, с. 449-453.

Таловская, А.В., Язиков, Е.Г., Филимоненко, Е.А. (2014) Оценка загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных районов Томской области по данным изучения снегового покрова, *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*, № 5, с. 408-417.

ФР.1.31.2016.22894. *Методика количественного химического анализа. Определение металлов в питьевой, минеральной, природной, сточной воде и в атмосферных осадках атомно-абсорбционным методом*, М-03-505-119-03.

Шевченко, В.П. (2019) Загрязнение окружающей среды Арктики и Субарктики в результате сжигания попутного газа, в сб.: *Нетрадиционные источники углеводородов: междисциплинарные исследования*, Международная научно-практическая конференция, М., Издательство Перо, с. 32-34.

Шевченко, В.П., Воробьев, С.Н., Кирпотин, С.Н., Крицко, И.В., Манасыпов, Р.М., Покровский, О.С., Политова, Н.В. (2015) Исследование нерастворимых частиц в снежном покрове Западной Сибири на профиле от Томска до эстуария Оби, *Оптика атмосферы и океана*, т. 28, № 6, с. 499-504.

---

Яхнин, Э.Я., Томилина, О.В., Чекушин, В.А., Салминен, Р. (2003) Сравнительный анализ данных о составе атмосферных осадков и снежного покрова на территории Ленинградской области и юго-восточной Финляндии и уточнение параметров атмосферного выпадения тяжелых металлов, *Экологическая химия*, т. 12, с. 1-12.

## References

Vasilevich, M.I., Beznosikov, V.A., Kondratenok, B.M. (2015) Nakoplenie rastvorimyh i malorastvorimyh form metallov v snezhnom pokrove tayozhnoj zony Evropejskogo severo-vostoka Rossii [Accumulation of soluble and low soluble forms of metals in the snow of the taiga zone in the European NorthEast of Russia], *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya*, no. 2, pp. 111-118.

Vinogradova, A.A. (2015) Potoki svinca i kadmiya iz atmosfery na poverhnost' na evropejskoj territorii Rossii – po dannym mezhdunarodnoj programmy EMER [Lead and cadmium fluxes from the atmosphere onto surface in the European Russia – from EMEP data], *International journal of applied and fundamental research*, no. 12, pp. 111-115.

Vinogradova, A.A., Maksimenkov, L.O., Pogarskij, F.A. (2008) Vliyanie promyshlennosti Noril'ska i Urala na okruzhayushchuyu sredu razlichnyh rajonov Sibiri [Industrial influence to Siberian environment from Norilsk and Urals regions], *Optika atmosfery i okeana*, no. 6, pp. 479-485.

Gordeev, V.V., Lisicyn, A.P. (2005) Tyazhelye metally v snezhnom i ledovom pokrove Barenceva moray [Heavy metals in the snow and ice cover of the Barents sea], *Okeanologiya*, vol. 45, no. 5, pp. 777-784.

*Doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Nenetskogo avtonomnogo okruga v 2019 godu»* [Report "On the state and protection of the environment of the Nenets Autonomous Okrug in 2019"] (2020) 144 p., available at: <http://dprea.adm-nao.ru/ekologiya/doklady-o-sostoyanii-okruzhayushej-sredy-v-neneckom-avtonomnom-okruge/> (accessed 03/15/2021).

Ermolov, Yu.V., Mahatkov, I.D., Hudyaev, S.A. (2014) Fonovyie koncentracii himicheskikh elementov v snezhnom pokrove central'nogo sektora Zapadnoj Sibiri [Background concentrations of chemical elements in snow cover of the typical regions of The Western Siberia], *Optika atmosfery i okeana*, vol. 27, no. 9, pp. 790-800.

Kiryushin, P.A., Knizhnikov, A.Yu., Kochi, K.V., Puzanova, T.A., Uvarov, S.A. (2013) *Poputnyy neftyanoy gaz v Rossii: «Szhigat' nel'zya, pererabatyvat'!»: Analiticheskiy doklad ob ekonomicheskikh i ekologicheskikh izderzhkakh szhiganiya poputnogo neftyanogo gaza v Rossii* [Associated Petroleum Gas in Russia: "You Can't Burn, Recycle!": Analytical Report on the Economic and Environmental Costs of Flaring Associated Petroleum Gas in Russia], World Wildlife Fund (WWF), Moscow, Russia, 88 p.

---

Kotova, E.I. (2013) *Ocenka vliyaniya mestnyh istochnikov zagryazneniya i dal'nego perenosa na formirovanie ionnogo sostava atmosferynyh osadkov i snezhnogo pokrova pribrezhnoj zony zapadnogo sektora Arktiki* [Assessment of the influence of pollution local sources and long-range transport on the formation the of precipitation and snow cover ionic composition of the coastal zone of the western sector of the Arctic], Extended abstract of candidate's thesis, Rostov-na-Donu, Russia, 23 p.

*Metodicheskiye rekomendatsii po geokhimicheskoy otsenki istochnikov zagryazneniya okruzhayushchey sredy* [Methodical recommendations for geochemical assessment of sources of environmental pollution] (1982) IMGRE, Moscow, Russia, 66 p.

RD 52.18.826-2015 (2016) *Nastavlenie gidrometeorologicheskim stanciyam i postam. Vypusk 12. Nablyudeniya za radioaktivnym zagryazneniem komponentov prirodnoj sredy* [Instruction to hydrometeorological stations and posts. Issue 12. Monitoring of radioactive contamination of environmental components], 102 p.

Starodymova, D.P., Shevchenko, V.P., Belorukov, S.K., Bulohov, A.V., Korobov, V.B., Yakovlev, A.E. (2018) *Geokhimiya rasseyannogo osadochnogo veshchestva snega v Primorskom rajone Arhangel'skoj oblasti* [Geochemistry of dispersed sedimentary matter of snow in Primorskyi district of Arkhangelsk region], *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, no. 2, pp. 140-145.

Starodymova, D.P., Shevchenko, V.P., Boev, A.G. (2016) *Veshchestvennyj i elementnyj sostav nerastvorimyh chastic v snege severo-zapadnogo poberezh'ya Kandalakshskogo zaliva Belogo moray* [Material and elemental composition of insoluble particles in snow of North-Western Kandalaksha Bay coast of the White sea], *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, no. 12, pp. 449-453.

Talovskaya, A.V., Yazikov, E.G., Filimonenko, E.A. (2014) *Ocenka zagryazneniya atmosfernogo vozduha urbanizirovannyh rajonov Tomskoj oblasti po dannym izucheniya snegovogo pokrova* [Assessment of atmosphere pollution in urbanized areas of Tomsk region by the results of snow cover study], *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya*, no. 5, pp. 408-417.

FR.1.31.2016.22894, *Metodika kolichestvennogo himicheskogo analiza Opreделение металлов в питьевой, минеральной, природной, сточной воде и в атмосферных осадках атомно-абсорбционным методом* [Method of quantitative chemical analysis Determination of metals in drinking, mineral, natural, waste water and atmospheric precipitation by atomic absorption method] M-03-505-119-03.

Shevchenko, V.P. (2019) *Zagryaznenie okruzhayushchej sredy Arktiki i Subarktiki v rzultate szhiganiya poputnogo gaza* [Pollution of the Arctic and subarctic environment as a result of associated gas combustion]. *Netradicionnye istochniki uglevodorodov: mezhdisciplinarnye issledovaniya. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya* [Unconventional sources of hydrocarbons: interdisciplinary research. International scientific and practical conference], Moscow, Russia, pp. 32-34.

---

Shevchenko, V.P., Vorob'ev, S.N., Kirpotin, S.N., Krickov, I.V., Manasyrov, R.M., Pokrovskij, O.S., Politova, N.V. (2015) Issledovanie nerastvorimyh chastic v snezhnom pokrove Zapadnoj Sibiri na profile ot Tomskа do estuariya Obi [Investigation of insoluble particles in the snow cover of the Western Siberia from Tomsk to the Ob estuary], *Optika atmosfery i okeana*, vol. 28, no. 6, pp. 499-504.

Yahnin, E.Ya., Tomilina, O.V., Chekushin, V.A., Salminen, R. (2003) Sravnitel'nyj analiz dannyh o sostave atmosferynyh osadkov i snezhnogo pokrova na territorii Leningradskoj oblasti i yugo-vostochnoj Finlyandii i utochnenie parametrov atmosfernogo vypadeniya tyazhelyh metallov [Comparative analysis of data on the composition of precipitation and snow cover on the territory of the Leningrad region and South-Eastern Finland and clarification of parameters of atmospheric precipitation of heavy metals], *Ekologicheskaya himiya*, vol. 12, pp. 1-12.

*Статья поступила в редакцию (Received): 01.11.2020.*

*Статья доработана после рецензирования (Revised): 31.08.2021;*

*Принята к публикации (Accepted): 11.10.2021.*

#### **Для цитирования / For citation:**

Котова, Е.И., Пучков, А.В., Яковлев, Е.Ю., Иванченко, Н.Л., Бедрина Д.Д. (2021) Состав снежного покрова западной части Ненецкого автономного округа (тяжелые металлы и радиоактивность), *Экологический мониторинг и моделирование экосистем*, т. XXXII, № 3-4, с. 58-70, doi: 10.21513/0207-2564-2021-3-4-58-70.

Kotova E.I., Puchkov A.V., Yakovlev E.Yu., Ivanchenko N.L., Bedrina D.D. (2021) Snow composition of the western part of the Nenets Autonomous Okrug (heavy metals and radioactivity), *Environmental Monitoring and Ecosystem Modelling*, vol. XXXII, no. 3-4, pp. 58-70, doi: 10.21513/0207-2564-2021-3-4-58-70.