

Состав снега в импактных районах Арктики на примере поселков залива Ис-фьорд, архипелага Шпицберген Петрига А. А.¹, Горюнова Н. В.²

¹Петрига Артём Анатольевич / Petriga Artiom Anatolyevich - младший научный сотрудник,
лаборатория экспериментальной физики океана,
Институт океанологии им. П.П. Шириова Российской академии наук;

²Горюнова Наталья Владимировна / Goryunova Natalia Vladimirovna - ведущий эксперт,
кандидат геолого-минералогических наук,
Российский фонд информации,
Министерство природных ресурсов Российской Федерации, г. Москва

Аннотация: исследования литологии и геохимии снежного покрова – естественного коллектора как растворенного, так и взвешенного эолового материала – позволяют выявить новые аспекты взаимодействия аэрозолей с различными природными объектами в Арктике. Через снег и лед (как депонирующие среды) арктические аэрозоли оказывают вторичное воздействие на окружающую среду, что повышает значение эолового переноса вещества для арктических экосистем. С помощью современных методов анализа был изучен состав проб снега, собранного в окрестностях жилых поселков залива Ис-фьорд, арх. Шпицберген. Сделаны выводы о происхождении нерастворимых нано- и микрочастиц в пробах.

Ключевые слова: микро и нано - частицы, Арктика, Шпицберген, снежный покров.

Введение

Важную информацию для оценки поставки аэрозольного вещества в Северный Ледовитый океан и его моря дает изучение состава снежного покрова в Арктике. Первые исследования твердых частиц в снеге с поверхности дрейфующих льдов Арктики были выполнены в канадском секторе [2]. Состав осадочного материала в снежном покрове льдов в области Трансполярного дрейфа изучался в экспедициях немецкого научно-исследовательского ледокола «Polarstern» [4]. Содержание тяжелых металлов в снеге на дрейфующих льдинах и в приморских районах Арктики было определено в ряде работ [3; 5; 7], а углеводородов – в работе [9].

Снег очищает атмосферу Арктики (мокрое осаждение), его состав отражает количество и состав аэрозолей, позволяет судить о потоках, происхождении и путях переноса. В фоновых районах Арктики в зимний период основным источником рассеянного осадочного вещества снега является дальний и сверхдальний перенос, поставляющий антропогенные (загрязнения) и терригенные компоненты. Летом рассеянное осадочное вещество поставляется в основном в результате локального и регионального переноса частиц, причем биогенные частицы (споры, пыльца, диатомовые водоросли) часто составляют основную часть рассеянного осадочного вещества снега.

Материалы и методы

В течение зимнего сезона в 2014 г. проводился отбор свежевывавшего снега и интегральных проб из снежных шурфов в окрестностях р. Баренцбург и пос. Лонгйир. Схема отбора проб представлена на Рис. 1.

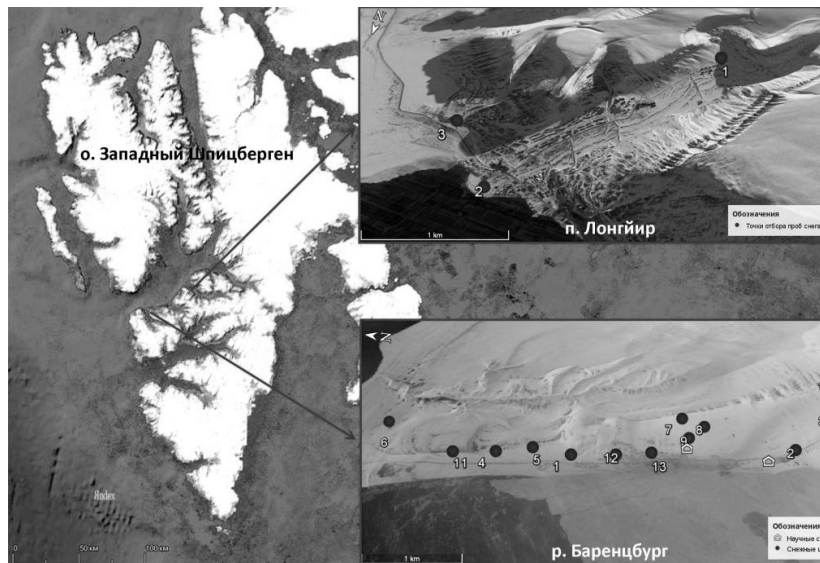


Рис. 1. Схема отбора проб снега на арх. Шпицберген в окрестностях жилых центров п. Лонгйир и р. Баренцбург (весна, 2014 г.)

Снег отбирался в герметичные и предварительно очищенные от загрязнений емкости с крышками. Закрытые емкости с пробами снега транспортировались в морозильную камеру или сразу же растапливались при комнатной температуре. Перед тем как выкопать снежный шурф, производилось тщательное исследование местности, для того, чтобы исключить действие посторонних факторов, таких как: ветряной надув у подножий склона и переотложение снега в открытых частях горных долин. Отбор снега из снежных шурфов производился в конце апреля перед началом весеннего таяния для того, чтобы проследить процесс захвата вещества снегом за весь зимний период. После изготовления снежного шурфа, его строго вертикальная стенка зачищалась с помощью пластмассовой лопатки или совка, предотвращающих попадание загрязнений от железной лопаты. Далее в шурфе выделялись горизонты, которые описывались. Для выделения равномерной пробы из шурфа использовался бур (аналогичный используется для бурения льда). Выделенный объем снега из шурфа отбирался в пластмассовые герметичные контейнеры. Пробы снега, льда и подледной воды отбирались в одной точке – это необходимо для расчета потоков частиц.

Процесс плавления проб в лаборатории занимал 1,5–2 суток. Затем расплав фильтровали через мембранные фильтры для дальнейших анализов. Пробы растопленного снега, льда и подледной воды были профильтрованы через предварительно очищенные ядерные фильтры Millipore диаметром 47 мм с диаметром пор 0,4 мкм. Затем пробы были проанализированы на сканирующем электронном микроскопе марки JSM-U3 (Jeol, Japan) в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва и в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (ГЕОХИ РАН).

Результаты

Концентрация нерастворимых частиц в пробах снега в окрестностях р. Баренцбург в апреле 2014 г. варьировала от 30,2 до 108,9 мг/л (в среднем 57,8 мг/л), в окрестностях пос. Лонгйир концентрации нерастворимых частиц были также высокими и варьировали от 81,8 до 123,9 мг/л (среднее значение – 102,9 мг/л). Такие высокие концентрации нерастворимых частиц в снеге рассматриваемого района связаны с тем, что в данном районе добывается уголь, при переработке и сжигания угля происходит выделение в атмосферу угольной пыли и продуктов сгорания. Полученные нами значения концентраций для Шпицбергена, залив Ис-фьорд, сопоставимы со значениями для других импактных районов Арктики, имеющих высокую антропогенную нагрузку [1].

Для р. Баренцбург построена диаграмма направления преобладающего ветра (Рис. 2.) за рассматриваемый период снегонакопления 2014 г. (ноябрь 2013г. – апрель 2014г.) Диаграмма показывает абсолютное преобладание ветров восточных румбов (преимущественно ЮВ), что свидетельствует о переносе вещества непосредственно от труб ТЭЦ и угольных отвалов. Сделать вывод о дальнем и сверхдальнем переносе вещества не представляется возможным из-за мощного источника локального загрязнения.

Опираясь на данные по концентрации вещества в пробах снега, взятых послойно из снежных шурфов, можно вычислить значения потоков вещества из атмосферы на поверхность суши за зимний период ($\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$). Для этого сделан ряд допущений: период накопления снега – отрезок времени с первого выпадения снега до даты отбора проб из шурфа, в среднем равен 213 суток; фактом возможного перевевания снега пренебрегаем. Вертикальные потоки нерастворимых частиц из атмосферы рассчитаны по следующей формуле:

$$F = \frac{C \cdot d \cdot V}{S \cdot t},$$

где F – вертикальный поток нерастворимых частиц, $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$; C – концентрация нерастворимых частиц в талой снеговой воде, $\text{мг}/\text{кг}$; d – плотность снега, $\text{кг}/\text{л}$; S – площадь горизонтального сечения шурфа, м^2 ; V – объем снега в шурфе, л; t – время накопления снега, сут.

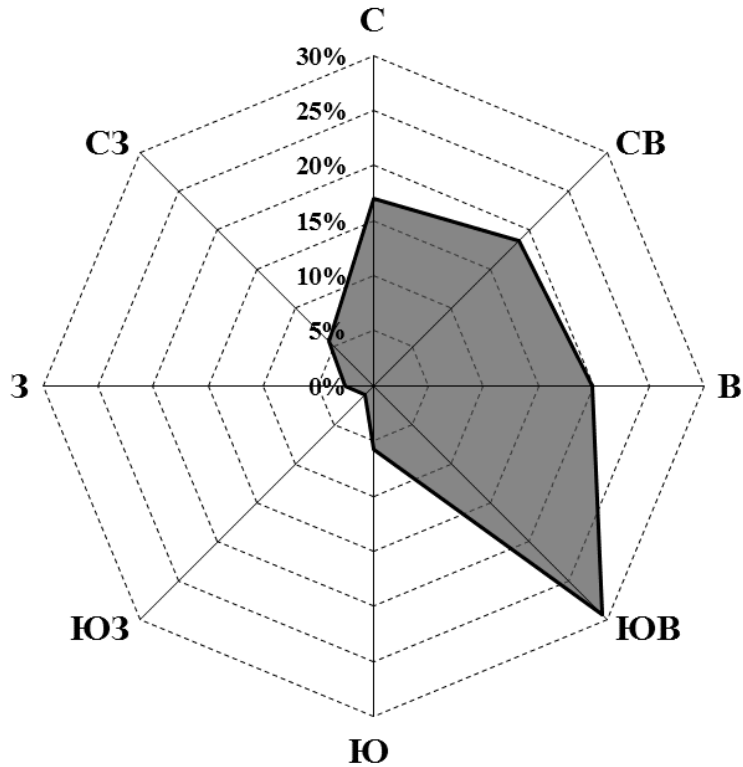


Рис. 2. Роза ветров для р. Баренцбург (значения для ноября 2013г. – апреля 2014г.)

Максимальный поток вещества на поверхность, равный $112,5 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$, наблюдался в окрестности пос. Лонгийр. Поток вещества в окрестностях р. Баренцбург составил $68,8 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$. Полученные величины потоков вещества из атмосферы и концентрации химических элементов в снеге на рассматриваемых территориях в окрестностях пос. Лонгийр и Баренцбург сопоставимы с соответствующими величинами около крупных промышленных центров России, таких как Томск [8], и практически в сто раз превышают вертикальный поток природного аэрозольного вещества из атмосферы на поверхность дрейфующих льдов Арктики, равный $1,71 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$ [1; 6].

При рассмотрении вещественного состава проб снега методом электронной сканирующей микроскопии (Рис. 3.) видно различие в вещественном составе проб снега: при приближении к поселкам и шахтам увеличивается содержание антропогенных частиц (сфер сгорания, сажи и летучего пепла).

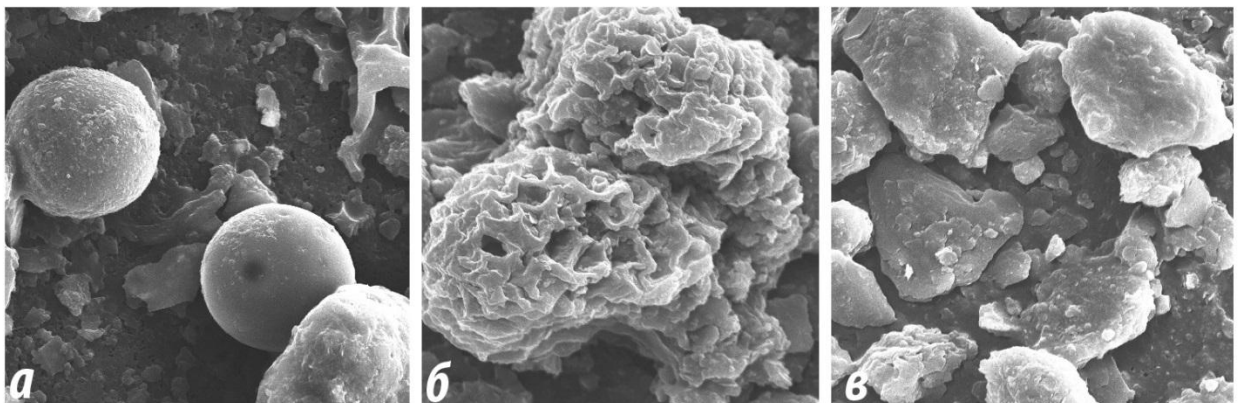


Рис. 3. Нерастворимые частицы в снеге в окрестностях р. Баренцбург, сторона квадрата фотографии 50 мкм (а – сферы сгорания, б – летучий пепел, в – минеральные зерна)

Заключение

Таким образом, вклад аэрозолей в формирование природной среды некоторых арктических районов значительно и разнообразнее, чем это представлялось ранее. Прежде всего, это касается общего

количества аэрозольного материала в импактных районах Арктики: эоловый перенос от локальных объектов имеет огромное значение. Выбросы ТЭЦ, транспортные выхлопы, открытые карьеры и мельчайшие частицы морской воды, захваченные с непокрытой льдом поверхности залива, составляют основную массу нерастворимых частиц снега рассматриваемых районов. Дальний (тысячи км) и сверхдальний (более 10000 км) перенос вносит свой вклад, но его величину оценить очень сложно из-за наличия крупного источника антропогенного вещества.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ мол_а 14-05-21382. Авторы очень признательны Тарасову Г.А. и Башинскому И.В. за поддержку, ценные советы и содействие.

Литература

1. *Шевченко В.П.* Влияние аэрозолей на среду и морское осадконакопление в Арктике. М.: Наука, 2006. 224 с.
2. *Darby D.A., Burckle L.H., Clark D.L.* Airborne dust on the Arctic pack ice: its composition and fallout rate // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1974. Vol. 24. P. 166–172.
3. *Mart L.* Seasonal variations of Cd, Pb, Cu and Ni levels in snow from the eastern Arctic Ocean // *Tellus.* 1983. Vol. 35B. P. 131–141.
4. *Pfirman S., Wollenburg I., Thiede J., Lange M.* Lithogenic sediment on Arctic pack ice: Potential aeolian flux and contribution to deep sea sediments // *Paleoclimatology and Paleometeorology: Modern and Past Patterns of Global Atmospheric Transport.* Kluwer Academic Publishers, 1989. P. 463–493.
5. *Walker T.R., Young S.D., Crittenden P.D., Zhang H.* Anthropogenic metal enrichment of snow and soil in north-eastern European Russia // *Environ. Pollution.* 2003. Vol. 121. P. 11–21.
6. *Лисицын А.П.* Новые возможности четырехмерной океанологии и мониторинга второго поколения – опыт двухлетних исследований на Белом море // *Актуальные проблемы океанологии.* М.: Наука, 2003. С. 503–556.
7. *Матишов Г.Г., Голубева Н.И.* Химические примеси в снежном покрове Печорского и Карского морей // *Биология и океанография Карского и Баренцева морей (по трассе Севморпути) / Отв. ред. Г.Г. Матишов.* Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1998. С. 430–440.
8. *Таловская А.В.* Геохимическая характеристика пылевых атмосферных выпадений на территории г. Томска // *Оптика атмосферы и океана.* 2010. Т. 23. № 6. С. 519–524.
9. *Немировская И.А.* Углеводороды в снежно-ледяном покрове Центральной Арктики // *Докл. РАН.* 2002. Т. 382. № 6. С. 802–806.