

3. ВНИИГМИ – Мировой центр данных. – URL: <http://aisori-m.meteo.ru/> (дата обращения: 21.03.2025).

4. Никаноров, А. М. Реки Российской Арктики в современных условиях антропогенного воздействия / А. М. Никаноров, В. А. Иванов, В. А. Брызгало. – Ростов н/Д : НОК, 2007. – 280 с.

5. Комаров, Р. С. Пространственно-временная изменчивость ионного стока в бассейне р. Кубани / Р. С. Комаров, О. С. Решетняк // Геология и геофизика Юга России. – 2024. – № 14 (3). – С. 191–203.

6. Рысаева, И. А. Генезис и специфика пространственно-временной изменчивости сульфат- и гидрокарбонат-ионов в химическом составе атмосферных осадков на севере Русской равнины / И. А. Рысаева // Геология, география и глобальная энергия. – 2013. – № 3 (50). – С. 194–203.

УДК 504.05:504.5

Ю. Г. КОКОШ, С. В. КАКАРЕКА, М. А. КУДРЕВИЧ

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

E-mail: y-kokosh@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА МИНСКА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2022–2023 ГОДОВ

Снежный покров обладает рядом свойств, делающих его планшетом-накопителем загрязняющих веществ за период залегания и, соответственно, индикатором загрязнения не только самих атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения вод и почв. Мониторинг снежного покрова позволяет выявить пространственно-временные особенности распределения компонентов, выявить очаги загрязнения и определить тенденции в изменении качества окружающей среды.

Для изучения различных аспектов химического состава атмосферных осадков и снежного покрова на урбанизированных территориях Институт природопользования НАН Беларуси на его территории в северо-восточной части г. Минска организована экспериментальная площадка. Для изучения пространственной структуры загрязнения снежного покрова на территории г. Минска в различных функциональных зонах было размещено около 50 постоянных точек, на которых в конце зимнего периода проводится разовое его опробование. Первые наблюдения на данной сети выполнены в 1996 г. [1], регулярные наблюдения за снежным покровом на экспериментальной площадке начали проводить начиная с 2004 г.,

на площадках в г. Минске – с 2007 г. [2]. При формировании программы наблюдений учитывались рекомендации Глобальной службы атмосферы (ГСА) [3] и Программы ЕМЕП [4].

Данное исследование посвящено выявлению особенностей химического состава снежного покрова г. Минска в зимний период 2022–2023 гг. по сравнению с предыдущими периодами, описанными ранее в статье [5]. Результаты также сопоставлены с данными наблюдений за химическим составом атмосферных осадков на экспериментальной площадке за указанный период.

Отбор проб осуществлялся согласно методическим указаниям с помощью стандартного металлического весового снегомера ВС-43, заглубляемого на всю толщину снежного покрова до поверхности земли.

Образцы снега растапливались при комнатной температуре, талую воду фильтровали через фильтр «синяя лента». По осадку, полученному на фильтре, определяли количество взвешенных частиц в отобранной пробе, а в фильтрате определяли следующие показатели: SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , HCO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , pH.

Химический состав снежного покрова на экспериментальной площадке. Зимний период 2022–2023 гг. отличается неустойчивым снежным покровом с несколькими периодами его устойчивого залегания. Осадки в виде снега, мокрого снега с дождем выпадали несколько раз в ноябре – декабре; начиная с 17 ноября 2022 г. образовался снежный покров, который полностью растаял к 23 декабря 2022 г. Снег в первый период на опытной площадке залегал в течение 37–38 дней. Затем 25 декабря опять выпал снег, который пролежал до марта. Дата полного схода снежного покрова – 15 марта 2023 г.

За зимний период 2022–2023 гг. на экспериментальной площадке отобрано и проанализировано девять проб снега на всю толщину снежного покрова. Две пробы отобраны в декабре 2022 г. в первый период залегания снега и семь проб – в конце декабря 2022 г. – марте 2023 г. после повторного образования устойчивого снежного покрова. Средняя высота снежного покрова на экспериментальной площадке составила 20,5 см, влагозапас – 40,8 кг/м².

Минерализация снеговой воды в 2022–2023 гг. варьировала в диапазоне 5,5–14,8 мг/дм³ и в среднем составила 9,5 мг/дм³, что немного ниже по сравнению со средними значениями предыдущего зимнего периода (10,2 мг/дм³) и ниже средних значений зимних периодов 2017–2021 гг. Коэффициент вариации значений невысокий и составил 33 %.

По результатам опробования среднее значение pH в период залегания снежного покрова в 2022–2023 гг. составило 5,97 при минимальном 5,71 и максимальном 6,21. Содержание взвешенных веществ в пробах снежного

покрова составило 1,9–24,6 мг/дм³ со средним значением 9,1 мг/дм³ (в зимний период 2021–2022 гг. оно составляло 10,0 мг/дм³).

Содержание окисленной серы в пробах снежного покрова фиксировалось от 0,22 до 0,42 мг S/дм³ со средним значением 0,31 мг S/дм³. Среднее значение окисленного азота в пробах снежного покрова, отобранных по г. Минску, составило 0,35 мг N/дм³ и варьировало от 0,22 до 0,46 мг N/дм³. Содержание восстановленного азота в пробах снежного покрова фиксировалось на уровне от 0,15 до 0,29 мг N/дм³ (0,22 мг N/дм³ в среднем).

По сравнению с 2021–2022 гг. в 2022–2023 гг. наблюдалось увеличение среднего содержания по следующим компонентам гидрохимического состава снежного покрова: среднее содержание хлоридов на 0,68 мг/дм³, нитратов – на 0,02 мг N/дм³, кальция – на 0,12 мг/дм³, магния – на 0,03 мг/дм³, натрия – на 0,31 мг/дм³, калия – на 0,26 мг/дм³. В то же время среднее содержание гидрокарбонатов в снеге сократилось на 0,1 мг/дм³, сульфатов – на 0,08 мг S/дм³, аммонийного азота – на 0,14 мг N/дм³, в т. ч. и по сумме ионов на 0,79 мг/дм³; среднее значение показателя pH сократилось на 0,51.

Средние концентрации основных ионов в атмосферных осадках (за период залегания снега) и в снежном покрове имеют схожие значения. Наибольшие отличия наблюдаются в средних концентрациях хлоридов, калия и натрия: средние значения этих показателей в снежном покрове в 1,4–2,4 раза выше, чем в пробах атмосферных осадков за период залегания снежного покрова.

Результаты опробования снежного покрова на территории г. Минска. В конце периода залегания снежного покрова, а именно в начале марта 2023 г., проведено опробование снежного покрова по г. Минску в 41 точке, которые характеризовались равномерным распределением по территории города. В даты отбора среднее значение высоты снежного покрова составило 7,0 см, среднее значение влагозапаса – 12,3 кг/м², объем проб варьировал по площадкам от 505 до 1760 см³.

В 2022–2023 гг. значения минерализации снеговой воды по г. Минску варьировали в широких пределах 4,4–148,5 мг/дм³ со средним значением 26,2 мг/дм³. Коэффициент вариации значений довольно высок – 110,3 %. Содержание взвешенных веществ в пробах снежного покрова составило 4,4–70,2 мг/дм³ со средним значением 28,9 мг/дм³, что в три раза выше средних значений на экспериментальной площадке (таблица).

Значение pH колебалось в диапазоне 6,09–7,73; среднее значение составило 6,53. Количество проб со значением pH выше равновесной величины для атмосферных осадков (5,6) составило 39 из 42. Вариабельность полученных значений водородного показателя низкая (5,2 %), как и для проб, отобранных на экспериментальной площадке (2,7 %).

Таблица – Гидрохимический состав снеговых вод на постоянной экспериментальной площадке и на территории г. Минска в зимний период 2022–2023 гг.

Место отбора	Параметр	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-} , S	NO_3^- , N	NH_4^+ , N	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	pH	Взвешенные вещества
Экспериментальная площадка института	Среднее, мг/дм ³	2,5	2,7	0,31	0,35	0,22	0,75	0,30	1,59	0,74	5,97	9,1
	Коэффициент вариации, %	70,3	24,0	25,0	22,9	18,8	48,6	34,4	36,0	58,0	2,7	74,5
Территория г. Минска	Среднее, мг/дм ³	4,5	10,3	0,31	0,15	0,24	0,91	0,39	7,70	0,55	6,53	28,9
	Коэффициент вариации, %	95,1	141,5	66,6	86,0	97,2	145,2	102,9	141,3	78,6	5,2	62,0

Содержание окисленной серы в пробах снежного покрова фиксировалось от 0,05 до 0,92 мг S/дм³ (среднее – 0,31 мг S/дм³). Среднее значение окисленного азота в пробах снежного покрова, отобранных по г. Минску, составило 0,15 мг N/дм³. Содержание восстановленного азота в пробах снежного покрова варьировало от 0,005 до 0,89 мг N/дм³. Среднее значение составило 0,24 мг N/дм³.

Проведенное исследование показало, что в зимний период 2022–2023 гг. средние концентрации по всем компонентам гидрохимического состава снежного покрова, за исключением окисленного азота, на экспериментальной площадке были ниже, чем на территории г. Минска в целом, что позволяет рассматривать площадку в качестве городского фона (таблица). Наибольшие отличия зафиксированы для средних концентраций натрия (в 4,8 раза) и хлоридов (в 3,8 раза).

В 2022–2023 г. пространственное распределение основных ионов в пробах снежного покрова на территории г. Минска характеризуется довольно высокими коэффициентами вариации (от 67 до 145 %). Наибольший разброс зафиксирован для кальция – 145 %, натрия – 141 %, хлоридов – 142 % и магния – 103 %, что указывает на значительное влияние локальных источников на содержание данных компонентов в снежном покрове.

Средние концентрации в снеге в зимний период 2022–2023 гг. практически по всем показателям, кроме гидрокарбонатов, хлоридов и натрия, были ниже по сравнению со средними многолетними концентрациями за период с 2006–2007 гг. по 2018–2019 гг., рассмотренными в [5]. Значения

общей минерализации и pH остались практически на том же уровне (увеличение средних значений на 6 и 3 % соответственно).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хомич, В. С. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси / В. С. Хомич, С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик. – Минск : Минсктиппроект, 2004. – 260 с.
2. Какарека, С. В. Изучение химического состава атмосферных осадков и снежного покрова на урбанизированных территориях (на примере г. Минска) / С. В. Какарека, О. Е. Белькович, В. Н. Чудук // Вестник Белорусского государственного университета. Серия 2. – 2010. – № 1. – С. 90–94.
3. Manual for the GAW precipitation chemistry programme. Guidelines, Data Quality Objectives and Standard Operating Procedures. – 2004. – URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9287 (дата обращения: 24.02.2023).
4. EMEP manual for sampling and chemical analysis. EMEP/CCC-Report 1/95. – Кьеллер, 1996. – 303 p. – URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/ie/saract/ppp/pdfs/rws2/emep_man_e.pdf (дата обращения 24.02.2023).
5. Какарека, С. В. Многолетняя динамика содержания серы и азота в снежном покрове в Минске / С. В. Какарека, Ю. Г. Кокош, М. А. Кудревич // Метеорология и гидрология. – 2024. – № 10. – С. 88–101.

УДК 504.054

А. А. КОЛОШКИНА, Л. Н. ГЕРТМАН

Беларусь, Минск, БГУ

E-mail: koloshkinaanya@gmail.com

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КРУПНЫХ ГОРОДОВ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕК СВИСЛОЧЬ И СОЖ

Оценка влияния крупных населенных пунктов на водные ресурсы рек Свислочь и Сож выполнена в рамках группового учебного проекта «Влияние антропогенных и природно-климатических факторов на режим и экологическое состояние рек Беларуси в условиях изменения климата». Данная статья посвящена изучению влияния г. Минска и г. Гомеля на водные ресурсы рек Свислочь и Сож, и в первую очередь на характеристики по гидрохимическим показателям.