

Оценка загрязненности снежного покрова города Гродно

Белова Е. А., Ковальчук Н. В.

В статье представлены результаты изучения химического состава снега, отобранного из различных частей Гродно. В ходе этой работы были определены рН, содержание взвешенных веществ, сульфатов, нитратов и нитритов, хлоридов, гидрокарбонатов, аммония, кальция, магния и ионов тяжелых металлов. Оценена пространственная дифференциация основных гидрохимических компонентов в снежном покрове г. Гродно. Проведен сравнительный анализ проб снега в 2013 году с результатами аналогичных исследований в 2012.

Ключевые слова: *снежный покров, гидрохимический состав, загрязнители.*

Assessment of contamination of snow cover in Grodno

K. A. Bialova , N. V. Kavalchuk

The paper presents the results for the study of the chemical composition of snow, selected from various parts of Grodno. The pH, contents of weighed substances, sulfate, nitrate and nitrite, chlorides, hydrocarbonates, ammonium, calcium, magnesium and heavy metals ions was determined during this work. Spatial differentiation of the main hydrochemical components in snow cover of Grodno city has been estimated. Comparative analysis of output of and snow cover sampling in 2013 with the results of similar research in 2012 have been conducted.

Key words: *snow cover, hydrochemical composition, contaminants.*

Введение

Объективным показателем качества атмосферного воздуха в городе в зимний период времени является содержание различных загрязнителей в снежном покрове.

Зимой наблюдается повышение концентрации различных химических веществ в атмосфере, обусловленное ухудшением метеорологических условий рассеяния примесей, увеличением количества промышленных выбросов, замедлением химических процессов трансформации веществ при

низкой температуре воздуха. По этим причинам в снежном покрове накапливается основная масса атмосферных поллютантов [5].

Снежный покров обладает рядом свойств, делающих его удобным индикатором загрязнения атмосферного воздуха. Снежный покров, если он не подвергался интенсивному таянию, фактически аккумулирует и сохраняет в себе все загрязняющие атмосферу компоненты. Причем, содержание загрязняющих веществ в нем на 2–3 порядка выше по сравнению с атмосферным воздухом [2], что позволяет определить их концентрацию довольно простыми методами с высокой степенью достоверности.

Т. о. исследование химического состава снежного покрова, как части единой взаимодействующей системы «атмосфера — снежный покров — природные воды — человек», позволяет оценить уровень загрязнения приземного слоя атмосферы.

Цель данной работы заключалась в исследовании химического состава снежного покрова различных районов г. Гродно.

Гродно — один из крупнейших промышленных центров Республики Беларусь с населением 346,6 тыс. человек (по состоянию на 1 января 2012 года). На территории города функционирует 65 предприятий. Доминирующее положение в структуре промышленного комплекса города занимают предприятия обрабатывающей промышленности. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются предприятия теплоэнергетики, производства минеральных удобрений, стройматериалов и автотранспорт [3].

Материалы и методика исследования

Для определения количества накопленных загрязняющих веществ отбор проб проводился одновременно в середине февраля непосредственно перед началом снеготаяния (14.02.2012, 25.02.2013). Для исключения влияния техногенных нагрузок, в частности автотранспорта, снег отбирался на открытой ровной площадке, удаленной не менее чем на 100 м от дорог, деревьев, холмов, зданий, линий электропередачи, местных источников загрязнения атмосферы.

Пробы снега вырезались в виде кернов на полную глубину залегания снежного покрова без захвата частиц грунта с использованием пластиковой трубки площадью сечения 78,5 см² и длиной 30 см. Отобранные пробы

из трубки высыпались в пронумерованные полиэтиленовые пакеты, далее пересыпались в чистую посуду для таяния.

Доставленные пробы снежного покрова помещались в стеклянные емкости с крышкой и растапливались при комнатной температуре. После таяния снега получившуюся воду подвергали химическому анализу. В пробах снежных вод определяли водородный показатель рН, взвешенные частицы, основной солевой состав (сульфаты, различные формы азота, хлориды, гидрокарбонаты, а также катионы кальция и магния) и сумму тяжелых металлов. При анализе талой воды применяли методики, для анализа природных вод [6]. Использовались также стандартные потенциометрический, фотометрический и титриметрический методы, применяемые при анализе качества природных вод [4].

Для отбора снежных проб были выбраны 5 городских зон с различной степенью интенсивности и разными видами техногенного воздействия. В качестве фоновой точки был выбран участок, расположенный на открытом месте в районе деревни Лососно, испытывающий минимальное антропогенное воздействие. Концентрации химических элементов в этой точке были приняты в качестве фоновых концентраций для территории города Гродно. Данные о точках отбора проб (ТОП) представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Характеристика точек отбора проб снега

№ ТОП	Точки отбора проб (ТОП)	Название городской зоны	Расстояние от проезжей части
1.	возле деревни Лососно	условно чистая зона (фоновая)	500 м пер. Победы, 2 км ул. Пучкова
2.	бульвар Ленинского комсомола (БЛК), 11	смешанная	200м БЛК, 500м ул. Горького
3.	ул. Городничанская, 30	жилая (старая застройка), с 2-х и 3-х этажной застройкой	50м ул. Социалистическая
4.	ул. Комбайнерская, 7	жилая, с частной застройкой и высотными домами	500м пр. Космонавтов, 200м ул. Лидская
5.	ул. Соколовского, 37	транспортная	30м ул. Соколовского

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования гидрохимических показателей талого снега в период с 2012 по 2013 гг., приведенные в таблице 2, указывают на снижение уровня антропогенной нагрузки в 2013 году по сравнению с аналогичным периодом 2012 года во всех исследуемых зонах г. Гродно.

Таблица 2 — Основные гидрохимические показатели снежных вод различных городских зон в г. Гродно

Показатели	Городские зоны									
	Зима 2012					Зима 2013				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
pH	7,61	7,89	7,84	7,79	7,88	7,61	7,73	7,54	7,74	7,73
Взвешенные частицы, мг/л	8,30	17,55	31,25	111,00	15,50	8,30	8,40	7,80	11,80	10,2
Общая минерализация, г/л	0,05	0,50	0,43	0,33	0,90	0,05	0,08	0,15	0,23	0,18
Общая жесткость, мг-экв/л	2,19	2,19	2,13	2,40	2,29	-	-	-	-	-
Ca ²⁺ , мг-экв/л	0,61	1,97	1,76	2,13	1,76	0,61	0,69	0,85	0,67	0,69
Mg ²⁺ , мг-экв/л	0,21	0,21	0,27	0,37	0,53	-	-	-	-	-
HCO ₃ ⁻ , мг/л	30,6	28,0	68,7	31,3	32,7	34,6	87,4	42,6	91,5	99,6
Cl ⁻ , мг/л	1,76	2,89	5,25	7,62	8,69	6,22	7,18	7,09	7,62	7,44
SO ₄ ²⁻ , мг/л	0,457	0,553	0,500	0,640	0,470	0,328	0,623	0,676	0,531	0,394
NO ₂ ⁻ , мгN/л	0,0032	0,0071	0,125	0,132	0,120	0,0017	0,0028	0,0024	0,0032	0,0022
NO ₃ ⁻ , мгN/л	0,37	0,25	0,29	0,25	0,35	0,39	0,31	0,34	0,27	0,28
NH ₄ ⁺ , мгN/л	0,09	0,21	0,26	0,30	0,19	0,009	0,037	0,011	0,034	0,039
Сумма тяжелых металлов, мг/л	3,63	6,90	6,40	8,20	6,63	3,53	2,97	2,50	2,09	2,71

Значения pH талого снега находятся в диапазоне от 7,54 до 7,89, что свидетельствует о подщелачивании осадков. Минимальные показатели

отмечены в феврале 2013 г. в ТОП 3 (7,54), а максимальные — в феврале 2012 — ТОП 2 (7,89). Подщелачивание осадков, вероятно, обусловлено присутствием в атмосфере значительного содержания аммиака, золы городских котельных, твердых фракций сгоревшего топлива, оксидами металлов и др. Зимой 2013 года зафиксировано понижение pH, обусловленное увеличением содержания кислотных окислов (NO₂, SO₂) в городских выбросах в атмосферу. Это подтверждается увеличением содержания в снежных пробах SO₄²⁻-ионов, по сравнению с аналогичным периодом 2012 года.

Для взвешенных веществ характерна неравномерность распределения не только по отдельным точкам, но и по годам. Наиболее высокие показатели содержания взвешенных частиц отмечены зимой 2012 (8,30 — 111,0 мг/л). Минимальные показатели характерны для зимы 2013 и колеблются в диапазоне 7,80 - 11,80 мг/л. При этом максимальное снижение зарегистрировано в ТОП 4, где концентрация уменьшилась более чем в 9 раз с 111,0 мг/л до 11,8 мг/л. Наличие в снежном покрове взвешенных веществ обусловлено, во-первых, применением в качестве антигололедных средств песчано-соляной смеси, основой которой является песок; во-вторых, механическим выносом компонентов дорожного покрытия и различных частиц (сажа, каучук, кремний и т. д.) из состава автопокрышек, интенсивность которого резко возрастает в зимний период. И, наконец, свою долю в загрязнение снега твердыми частицами в виде пыли, сажи и т. д. вносят автомобильный транспорт и тепловые станции, работающие на угле и мазуте (ТЭЦ — 2). В зимний период времени масса сжигаемого топлива достигает максимума, и твердые вещества в результате гравитационного осаждения загрязняют снег.

Минерализация снежных вод варьирует в широких пределах от 0,05 до 0,90 г/л. Для зимы 2012 года характерен пресный тип снежных вод, однако по улице Соколовского отмечено относительное повышение минерализации до 0,90 г/л, а в фоновой точке талые воды относятся к ультрапресному типу. Снежные воды 2013 года можно отнести к ультрапресным. Изменчивость данного показателя определяется, прежде всего, расстоянием выбранных городских зон до проезжей части.

Общая жесткость талой воды, характеризует содержание солей кальция и магния, и варьирует в зависимости от года и точки отбора проб. Ионы Ca²⁺, Mg²⁺ в снежном покрове г. Гродно в основном местного, континентального (почвенного) происхождения. По жесткости в 2012 году талая вода относится к классу мягких вод (2,13–2,40 мг-экв/л). Минимальные показатели зафиксированы ТОП 2 — 2,19 мг-экв/л, а максимальные — в ТОП

4 — 2,40 мг-экв/л. В то же время, зимой 2013 года не удалось определить общую жесткость титриметрическим методом, что свидетельствует об очень низких концентрациях ионов кальция и магния. Концентрация Ca^{2+} в пробах талого снега варьирует в широких пределах. Максимальные показатели зафиксированы в феврале 2012 года и составляли 2,13 мг-экв/л (ул. Комбайнерская), а минимальные в талой воде фоновой точки зимой 2012 и 2013 гг. (0,61 мг-экв/л). Ионы Mg^{2+} были обнаружены только в пробах снежных вод зимой 2012 года и в очень незначительных концентрациях. Для фоновой точки и ТОП 2, характерны минимальные концентрации ионов магния (0,21 мг-экв/л). Максимальные значения зафиксированы по ул. Соколовского (0,53 мг-экв/л).

Концентрация HCO_3^- в талой воде варьирует в широких пределах, от 28,0 мг/л (ТОП 2) зимой 2012 до 99,6 мг/л (ТОП 5) зимой 2013. Концентрация HCO_3^- в 2013 году возросла, по сравнению с 2012, причем максимальное увеличение (в 3 раза) отмечено в ТОП, расположенном на улицах Комбайнерская и Соколовского. С увеличением концентрации гидрокарбонат-иона происходит смещение рН в сторону щелочной реакции, обусловленное появлением ионов OH^- . Количество гидрокарбонатов в снежном покрове определяется концентрацией CO_2 в атмосфере, и увеличение концентрации гидрокарбонат-ионов в воздушной среде г. Гродно свидетельствует об увеличении эмиссии углекислого газа, вероятнее всего антропогенного происхождения. Поступление больших количеств пыли в атмосферу г. Гродно (цементная, строительная промышленность, теплоэнергетика, производство аммиака) так же приводит к увеличению содержания гидрокарбонат-ионов за счет растворения техногенных карбонатов, содержащихся в пыли.

Ионы хлора в незагрязненных атмосферных осадках в основном морского генезиса [1]. Антропогенное поступление хлорид-иона в снег обусловлено применением хлорида натрия для очистки автострад от снега и льда. Концентрация хлоридов в исследуемых пробах за 2012 год изменяется в широком диапазоне — от 2,89 (ТОП 2) до 8,69 мг/л (ТОП 5). Фоновое значение составляет приблизительно 1,76 мг/л, соответственно максимально оно превышает почти в 5 раз. Для снега, отобранного зимой 2013 на площадках в пределах города, характерны более однородные значения в пределах 7,09 (ТОП 3) — 7,62 мг/л (ТОП 4), в то время как для фоновой точки характерно значение 6,22 мг/л. Соответственно максимальное превышение только в 1,22 раза, что свидетельствует об однородности загрязнения территории города.

Сульфат-ионы накапливаются в снеге за счёт осаждения аэрозолей диоксида серы из воздуха вместе с пылью под действием сил гравитации, а так же в результате выветривания почв, с частицами морской соли, с выхлопами газов автомобилей. Концентрация ионов SO_4^{2-} варьирует в пределах 0,328 — 0,676 мг/л, что характерно для слабого уровня загрязнения, обусловленного рассеиванием соединений серы на больших площадях в результате дальнего переноса от антропогенных и естественных источников. Таким образом, можно говорить об общей невысокой загрязненности городского воздуха оксидом серы.

Нитриты были обнаружены во всех исследуемых пробах в концентрации от 0,0032 до 0,0132 мгN/л (2012 г.) и от 0,0017 до 0,0032 мгN/л (2013 г.). Наблюдается снижение содержания нитритов в 2013 году по сравнению с 2012, во всех исследуемых точках отбора. Наибольшие концентрации нитритов зарегистрированы в ТОП 4.

Концентрация NO_3^- в пробах снежных вод колеблется в незначительных пределах от 0,25 до 0,37 мгN/л (2012 г.) и от 0,27 до 0,39 мгN/л (2013 г.), что свидетельствует об однородности загрязнения территории города нитрат-ионами. Содержание NO_3^- в пробах снега объясняется интенсивностью отопительного сезона и, как следствие, относительно большими выбросами азота в атмосферу на местном уровне.

Концентрация азота аммонийного в снеговых водах колеблется в пределах 0,009 — 0,30 мгN/л. Важно отметить, что токсичность азота аммония возрастает с повышением pH среды, а по данным определения pH на исследуемой территории идет именно увеличение кислотно-щелочного потенциала.

Наличие азотсодержащих соединений в воде определяется деятельностью бактерий, но в зимний период в снежном покрове их присутствие невозможно, поэтому все содержание нитрит-, нитрат-ионов и ионов аммония в талой воде обусловлено только урбанизационными воздействиями. Их источниками являются промышленные газы и, главным образом, продукты окисления атмосферного азота [1].

Поступление тяжелых металлов в снежный покров возможно за счет выхлопных газов автотранспорта. Пробы снега, отобранные зимой 2012 год, характеризуются более высокими концентрациями тяжелых металлов в талой воде по сравнению с пробами снега сезона 2013. Так, для сезона 2012 года минимальные значения характерны для фоновой точки и определены в пределах 3,63 мг/л, а максимальные для ТОП 4 — 8,2 мг/л. Зимой 2013

значения концентрации более однородны и колеблются в пределах от 2,09 мг/л для ТОП 4 и 3,53 мг/л для фоновой точки.

Заключение

Изучив химический состав талой воды снежного покрова различных районов г. Гродно, можно выявить следующие закономерности:

- концентрации поллютантов в пробах снега варьируют в широких пределах, как по отдельным точкам, так и по годам;
- в пробах снега, отобранных в конце февраля 2013 года, отмечено снижение рН, взвешенных частиц, общей минерализации, Ca²⁺, NH₄⁺, NO₂⁻ и суммы тяжелых металлов по сравнению с аналогичным периодом 2012 года;
- отмечено повышение концентрации HCO₃⁻, Cl⁻ и по некоторым точкам SO₄²⁻ в пробах снега, отобранных в феврале 2013 года;
- практически по всем химическим поллютантам фиксируются повышения концентраций по сравнению с фоновыми значениями, за исключением NO₃⁻ и суммы тяжелых металлов.

Список литературы

1. Алекин, О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алекин // Ленинград Гидрометеиздат, 1953. — 297 с.
2. Войтов, И. В. Научно-методические основы организации и ведения национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / И. В. Войтов, А. М. Самусенко и др; под ред. И. В. Войтов // — Минск: БелНИЦ «Экология», 2000 — 229 с.
3. Гродненский областной исполнительный комитет: Промышленность [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://grodno.gov.by/ru/main>. — Дата доступа: 28.06.2012
4. Лебедев, М. И. Практикум по аналитической химии/ под ред. М. И. Лебедева // — Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002 — 80 с.
5. Роголева, Н. О. Оценка загрязненности и биотоксичности снежного покрова парков г. Самары / Н. О. Роголева // Вестник

6. СамГУ. — Самара, 2009 № 4(70). — С. 198–205.
7. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А. И. Федорова // — М: ВЛАДОС, 2003. — 234 с.