

УДК 556.314

Содержание анионов в снежном покрове Гомельской городской агломерации в 2001-2003 гг

О.М. Храменкова, А.М. Будов

Введение

Проблема воздушного переноса и выпадения на поверхность земли различных химических веществ техногенного происхождения впервые возникла в связи с распространением в атмосфере радиоактивных веществ и появлением глобальных по масштабу радиоактивных выпадений. Затем было отмечено, что на большие расстояния могут распространяться многие загрязняющие вещества, количество и токсичность которых для окружающей среды определяется масштабом техногенных выбросов в атмосферу, а также временем жизни поллютантов и продуктов их превращений. Приоритетными в этом смысле веществами являются окислы азота и продукты их превращений, диоксид серы, тяжелые металлы, пестициды и радиоактивные вещества, изучению поведения которых в атмосфере уделяется особое внимание.

Необходимость целенаправленного поиска противостояния разрушительному влиянию на окружающую среду техногенных поллютантов, выпадающих из атмосферы, вызвала к жизни ряд глобальных концепций и моделей. Значимость таких глобальных экологических концепций и моделей несомненна как в плане большой научной стратегии, так и в плане формирования соответствующей идеологии природопользования. Тем не менее очевидно, что подобный уровень описания не может быть принят как рабочий: он не обеспечивает решения утилитарно-наущных практических задач.

Очевидно, что глобальность и далекая футуристичность должны быть заменены реальными, «человечески обозримыми» пространством и временем, т.е. в центр внимания должен попасть регион в некоторый минимальный период времени, так как действие токсических веществ и особенно их детоксикация тесно связаны с совокупностью особенностей территории.

Говоря о регионе, необходимо иметь в виду как особенности пространственного размещения антропогенных источников токсикантов, образующих локализованные техногенные аномалии, так и природно-территориальные комплексы, включающие разные экосистемы, взаимодействующие с глобальными факторами, такими как климат, определяющий атмосферный перенос, и ландшафтно-геохимические условия региона, контролирующие распределение, аккумуляцию, иммобилизацию и миграцию элементов и веществ.

Для предотвращения ситуаций, которые привели бы к нарушению экологической устойчивости региона, необходимо знать пределы антропогенной нагрузки, безопасные для природной среды конкретного региона.

Диоксид серы и оксиды азота при взаимодействии с водяными каплями облаков и выпадающих осадков образуют кислоты и соли, что приводит к выпадению кислотных дождей. В настоящее время выпадение кислотных дождей стало широко распространенным явлением, приводящим к существенному закислению природной среды и заметным экологическим изменениям на территории целых регионов. Кислотные дожди могут выпадать на расстоянии многих десятков и сотен километров от источника первичного выброса, создавая тем самым проблему трансграничного распространения техногенных поллютантов.

Широко известный ныне термин «кислотные дожди» появился в 1872 г. Его ввел в практику английский инженер Роберт Смит, опубликовавший книгу «Воздух и дождь: начала химической климатологии». Научная разработка проблемы кислотных дождей впервые была начата в 60-ые годы двадцатого столетия в Скандинавских странах (Швеция, Норве-

гия), поскольку в силу природно-климатических условий значительная часть выбросов серы, производимых в Германии и Великобритании, попадает в северные страны [1].

Кислотными считаются осадки (дождь, снег, град и др.), имеющие pH менее 5,5. За последние 30-40 лет в мире наблюдается резкое увеличение числа случаев выпадения кислотных дождей и постепенное понижение pH поверхностных вод и почвы, что наносит ощутимый ущерб растительному и животному миру. Увеличение выбросов в атмосферу промышленных газов, аэрозолей, содержащих кислотные компоненты, привело к возрастанию кислотности атмосферных осадков на 1-2 единиц pH. Образовалось несколько "центров" кислотных осадков: северо-восточная и юго-западная часть США, Скандинавия и центральная часть Европы [2].

Результаты экспериментальных исследований показали, что в геохимически чистых зонах основной вклад в кислотность осадков вносит диоксид углерода (около 80%), в то время как суммарный вклад серной и азотной кислот составляет около 10%. Совершенно обратная ситуация наблюдается в атмосфере регионов с высокой степенью индустриализации – здесь на диоксид углерода приходится не более 4%, а на серную, азотную и соляную кислоты – 95%. Следует отметить, что в некоторых районах, например на юго-западе США, определяющий вклад в закисление вносят соединения азота (более половины), а на северо-востоке – соединения серы, что связано с высокой относительной эмиссией этих веществ в данных районах. В России за последние 30 лет также произошло увеличение минерализации атмосферных осадков. Кислотные дожди выпадают в районе крупных промышленных центров (Северо-западный округ, Московская область, Урал, Поволжье). По данным [1], концентрация сульфат-иона в атмосферных осадках Европейской России составляла от 5-10 мг/л до 25-30 мг/л, хлорида – 1-11 мг/л.

Кислотные дожди оказывают как прямое влияние на биоту при контакте с зеленой массой растений, так и косвенное, закисляя водоемы и почвы и изменяя их химический состав. Кислотные дожди вымывают тяжелые металлы из почв, повышая при этом их миграционную способность в экосистемах, изменяют соотношение между содержанием в почве кальция и алюминия в сторону уменьшения Ca, что существенно задерживает рост корневой системы растений, причиняя тем самым ущерб сельскому и лесному хозяйству [3].

Крупные промышленные центры в контексте региона можно считать постоянно действующими источниками кислотообразующих поллютантов, формирующими основную антропогенную нагрузку на пригородные экосистемы и определяющими состав атмосферных аэрозолей, подверженный трансграничному переносу. Активность таких источников наиболее четко выявляется при исследовании состава атмосферных выпадений города и его ближайшего пригорода.

Целью настоящей работы являлось изучение кислотности и анионного состава атмосферных осадков в зимний период на территории г. Гомеля и ближайшего пригорода.

Методика исследований

Отбор проб атмосферных осадков выполнялся: 1 отбор 4 марта 2001г. (29 проб), 2 отбор 30 декабря 2001г. (25 проб) и 3 отбор – 19 января 2003г. (29 проб) в пригороде г. Гомеля вдоль основных радиально расходящихся автотрасс на одних и тех же площадках, расположенных на открытых пространствах, за пределами влияния транспорта. Расстояние от точек отбора проб до городской черты не превышало 15-17 км.

Пробы снега отбирали по стандартной методике [4] после окончания снегопада плазмассовым пробоотборником на полную толщину снегового покрова. Образцы помещали в полиэтиленовые емкости для оттаивания при комнатной температуре. Кислотность проб снега определяли при помощи pH-метра – милливольтметра pH-150M, на следующие сутки после отбора, после доведения температуры снеговой воды до комнатной. Концентрацию анионов – SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , F^- , PO_4^{3-} определяли с использованием системы капиллярного электрофореза "Капель-103P" по стандартной методике. При различных диапазонах изме-

рений данных анионов погрешность составляет от 10 до 20%. Концентрацию гидрокарбонат-иона определяли методом обратного титрования избытка соляной кислоты раствором тетробората натрия. По метрологическим результатам исследования, при определении массовой концентрации гидрокарбонат-ионов в пробах атмосферных осадков в диапазоне 0-50 мг/дм³ суммарная погрешность не превышает 10% [4].

Результаты и обсуждение

Расположение мест отбора проб снега и схема розы ветров показаны на рисунке 1. Каждой площадке был присвоен порядковый номер. Площадки 1-5 расположены вдоль дороги Гомель-Калинковичи (западное направление), площадки 6-9 – вдоль шоссе Гомель-Минск (северо-западное направление), 11-15 площадки располагались в северном направлении (Гомель – Могилев), площадки 16-19 расположены по направлению Гомель – Ветка (северо-восточное), 20-24 площадки – вдоль дороги Гомель – Кленки (восточное направление), площадки 25-29 – в южном направлении (шоссе Гомель – Чернигов).

В пробах, отобранных в марте 2001 года, определяли хлорид, сульфат и нитрат-ионы, а также pH снеговых вод. В пробах декабря того же года дополнительно определяли нитрит и фосфат-ионы, в пробах января 2003 г. – хлорид, сульфат, нитрат, нитрит, фосфат, фторид и гидрокарбонат-ионы. Наибольшего внимания заслуживают концентрации Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , определяющие кислотность атмосферных осадков.

В отличие от химически чистой воды атмосферные осадки в естественных условиях всегда содержат различные примеси, влияющие на pH. Благодаря наличию в атмосфере углекислого газа pH даже очень чистых осадков бывает близким к 5,6. В незагрязненной атмосфере могут присутствовать кислотообразующие вещества естественного происхождения, вследствие чего за нижний предел естественного закисления осадков принята величина pH=5,0 [5]. Во всяком случае, pH>5,8 атмосферных осадков свидетельствует не о закислении, а о защелачивании.

Следует отметить, что осадки вымывают из атмосферы как кислотные, так и щелочные примеси, поэтому в случае их соизмеримого количества происходит нейтрализация осадков уже на момент их выпадения, и значения pH становятся равными 5,2-5,8. В результате имеет место существенная минерализация осадков при значениях pH, близких к нейтральным.

Использование беззольных видов топлива приводит к возрастанию кислотности осадков за счет снижения содержания в выбросах нейтрализующих компонентов. Субмикронные частицы и газовые компоненты выбросов в атмосферу способны распространяться на большие расстояния от источника. Этим, по-видимому, можно объяснить некоторое возрастание кислотности проб осадков по мере удаления от промышленных районов. В результате седиментации в воздухе снижается содержание зольных продуктов сгорания твердого топлива, вследствие чего уменьшается их нейтрализующее влияние на pH осадков.

Результаты определения pH отобранных проб снега приведены в таблице 1, в таблице 2 приведены результаты статистической обработки полученных данных по направлениям отбора.

Как видно из представленных данных, не обнаружено существенных отличий величин pH снега как в зависимости от удаленности точек отбора от города, так и от направлений розы ветров.

По результатам проведенных исследований можно заключить, что имеет место тенденция возрастания кислотности осадков. Так, 4% проб 1 отбора может быть признано кислотными осадками, 17% – имели характеристики чистых осадков и 79% проб являлись условно щелочными; пробы 2 отбора распределились следующим образом: 16% – кислые, 32% – чистые, 52% – условно щелочные; для проб 3 отбора эти значения составили 27%, 21% и 52% соответственно. Для северо-западного, северного и северо-восточного направлений более характерны условно щелочные осадки.

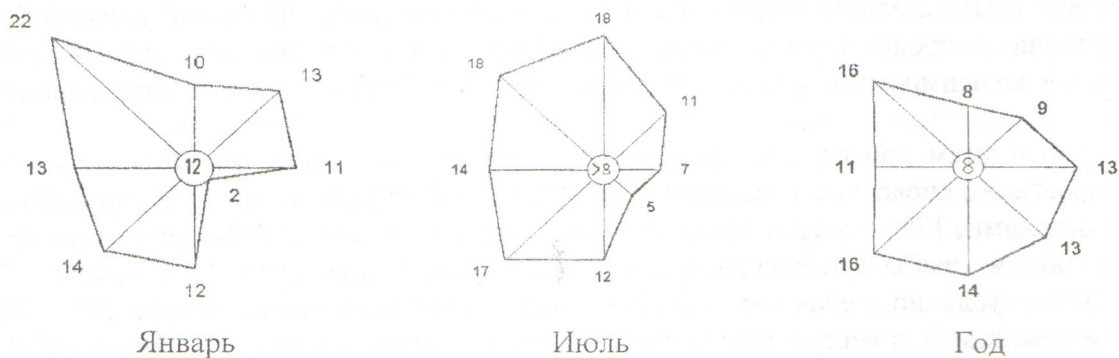


Рис.1 Схема расположения стационарных площадок и розы ветров

Северный, северо-западный и северо-восточный районы исследуемой территории расположены в зоне влияния выбросов ТЭЦ-2 ПОЭиЭ «Гомельэнерго», Гомельского химического завода, Гомельского стекольного завода. По данным Областного комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов, на долю этих предприятий приходится до 76% суммарных выбросов соединений серы и азота. Результаты определения pH снеговых вод свидетельствуют о защелачивании осадков, выпадающих в зимний период в зоне влияния этих предприятий.

Для северо-западного, восточного и южного направлений отмечены наименьшие значения pH осадков. Здесь наблюдается увеличение повторяемости кислых осадков, связанное с удалением от промышленных предприятий.

Таблица 1

Значения pH снеговых вод по отдельной стационарной площадке

Номер пробы	Направление	Дата отбора		
		4 марта 2001 г.	30 декабря 2001 г.	19 января 2003 г.
1	2	3	4	5
1	Западное	5,85	5,90	5,70
2		6,05	5,82	5,48
3		5,75	5,80	5,52
4		5,65	5,57	5,45
5		6,05	5,91	5,87
6	Северо-западное	6,65	5,60	6,02
7		6,00	5,62	5,72
8		6,65	5,40	5,42
9		5,80	5,67	6,15
10		6,25	6,10	5,98
11	Северное	5,90	5,87	6,11
12		6,00	7,05	6,25
13		5,85	5,99	6,30
14		6,00	7,15	6,18
15		5,65	5,92	5,98
16	Северо-восточное	6,25	—	6,22
17		6,05	—	5,62
18		6,40	—	6,10
19		6,00	—	5,72
20		5,90	5,87	5,55
21	Восточное	5,95	5,71	5,58
22		6,00	6,05	5,85
23		5,80	5,70	5,68
24		6,00	5,25	5,84
25		5,55	5,84	5,55
26	Южное	6,00	6,10	5,50
27		5,65	5,78	5,81
28		5,80	5,38	5,72
29		6,00	5,66	5,84

Таблица 2

Статистика pH осадков по направлениям отбора проб

Направление	Период отбора	Среднее	Медиана	Min	Max	25% кван- тиль	75 кван- тиль
Западное	1	5,75±0,08	5,85	5,65	6,05	5,75	6,05
	2	5,80±0,06	5,82	5,57	5,91	5,80	5,90
	3	5,60±0,08	5,52	5,45	5,87	5,48	5,70

Направление	Период отбора	Среднее	Медиана	Min	Max	25% кван- тиль	75 кван- тиль
Северо- западное	1	6,27±0,17	6,25	5,80	6,65	6,00	6,65
	2	5,68±0,12	5,62	5,40	6,10	5,60	5,67
	3	5,86±0,13	5,98	5,42	6,15	5,72	6,02
Северное	1	5,88±0,06	5,90	5,65	6,00	5,85	6,00
	2	6,40±0,29	5,99	5,87	7,15	5,92	7,05
	3	6,16±0,06	6,18	5,98	6,30	6,11	6,25
Северо- восточное	1	6,18±0,09	6,15	6,00	6,40	6,03	6,33
	3	5,92±0,15	5,91	5,62	6,22	5,67	6,16
Восточное	1	5,93±0,04	5,95	5,80	6,00	5,90	6,00
	2	5,72±0,13	5,71	5,25	6,05	5,70	5,87
	3	5,70±0,06	5,68	5,55	5,85	5,58	5,84
Южное	1	5,80±0,09	5,80	5,55	6,00	5,65	6,00
	2	5,75±0,12	5,78	5,38	6,10	5,66	5,84
	3	5,68±0,07	5,72	5,50	5,84	5,55	5,81

Несмотря на возрастание количества проб с кислыми значениями pH, следует отметить, что интерквартильный размах выборок по всем направлениям отбора укладывается в значения pH, соответствующие чистым и условно щелочным.

При одинаковых значениях pH атмосферных осадков анионный состав отобранных проб был неодинаков. Результаты определения концентрации основных кислотообразующих анионов в пробах снега, отобранных в исследуемом регионе, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Средние концентрации хлорида, сульфата и нитрата (мг/л) в снеговой воде

Направление	Период отбора	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
Западное	1	6,41±0,80	7,89±0,79	3,35±0,36
	2	4,36±1,43	2,07±0,35	0,33±0,33
	3	7,33±1,63	3,69±1,71	2,02±0,37
Северо- западное	1	3,80±0,46	12,02±2,53	5,55±0,83
	2	3,99±1,45	7,29±2,29	0,52±0,20
	3	5,71±0,62	7,32±3,12	0,58±0,42
Северное	1	5,66±2,19	8,46±3,05	4,90±1,17
	2	3,41±1,66	2,40±0,35	0,49±0,11
	3	7,44±1,01	1,86±0,29	5,75±2,72
Северо- восточное	1	1,14±0,13	4,56±0,15	1,61±0,13
	3	3,65±0,22	1,12±0,22	1,54±0,08
Восточное	1	1,70±0,43	2,74±0,63	1,05±0,25
	2	0,56±0,18	1,98±0,29	0,47±0,20
	3	4,34±0,31	1,60±0,23	3,23±0,86
Южное	1	3,12±1,51	5,81±1,54	1,31±0,39
	2	4,69±2,13	1,27±0,10	0,09±0,08
	3	4,33±0,24	1,62±0,29	1,52±0,50

Определение содержания анионов SO₄²⁻, Cl⁻ и NO₃⁻ в пробах снеговой воды (табл.3) показало, что существует пространственная неравномерность содержания анионов в осадках. При сравнении результатов зонального распределения сульфатного аниона по различным периодам отбора наибольшие значения от 7,32 мг/л до 12,02 мг/л характерны для северо-западного и северного направлений, что, по-видимому, связано с деятельностью химическо-

го завода и ТЭЦ. В литературе приводятся фоновые значения концентрации сульфат-ионов в осадках 8-9 мг/л, обусловленные естественными источниками поступления [2]. В западной, северо-западной и северной части города и пригорода зарегистрированы довольно высокие уровни содержания Cl^- в снеговой воде (до 7,33 мг/л) при фоновых значениях 1,0 – 1,5 мг/л. Для западного и северо-западного направлений определены концентрации нитрат-ионов от 0,52 мг/л до 5,75 мг/л при фоновых значениях – от 0,1 до 1,1 мг/л.

Полученные данные характеризуют только зональность выпадения сульфат-, хлорид- и нитрат-ионов по каждому периоду отбора. Широкое варьирование концентраций для каждого анализируемого аниона по отдельным стационарным площадкам в различные периоды отбора, видимо, можно объяснить “возрастом” снежного покрова. Так, в феврале 2001г были отобраны суммарные сезонные пробы снега, тогда как в декабре 2001г и в январе 2003г были отобраны суммарные декадные пробы. Разница в “возрасте” этих проб превышала 2,5 месяца, чем, по-видимому, и объясняются отличия концентраций анионов в пробах снеговой воды.

Процентный вклад анализируемых анионов в суммарное содержание представлен на рис. 2.



Рис. 2. Вклад анионов в минерализацию снеговых вод, %

Вклад Cl^- изменялся по датам отбора от 27% до 51%; SO_4^{2-} – от 51% до 27%; NO_3^- – 22% – 22%. Возрастание вклада хлорида происходило на фоне уменьшения вклада сульфата.

В пробах, отобранных в декабре 2001 г и январе 2003 г, для более детального изучения анионного состава атмосферных осадков дополнительно определяли нитрит, фосфат, фторид, а также гидрокарбонат-ион (табл.4).

Полученные данные свидетельствуют о существенном вкладе фосфата и гидрокарбоната в анионный состав снеговых вод. Ионы NO_2^- и F^- содержались в следовых или очень низких концентрациях и на общую минерализацию снеговых вод не влияли. Следует отметить значительные различия в концентрациях фосфата. Так, содержание этого аниона в снеговой воде отбора 2003г почти в 10 раз превосходило данный показатель для декабря 2001г.

Таблица 4
Содержание нитрит, фосфат, фторид и гидрокарбонат-ионов, (мг/л) в снеговых водах

Направление	Время отбора	NO_2^-	PO_4^{3-}	F^-	HCO_3^-
Западное	2001	$0,94 \pm 0,66$	$2,67 \pm 1,18$	следы	–
	2003	$0,42 \pm 0,23$	$13,28 \pm 0,62$	$0,15 \pm 0,02$	$8,48 \pm 2,90$
Северо-западное	2001	следы	следы	следы	–
	2003	следы	$13,12 \pm 1,32$	$0,22 \pm 0,03$	$5,34 \pm 1,11$

Направление	Время отбора	NO_2^-	PO_4^{3-}	F^-	HCO_3^-
Северное	2001	следы	$0,97 \pm 0,79$	следы	—
	2003	$0,65 \pm 0,54$	$9,83 \pm 0,29$	$0,17 \pm 0,02$	$7,99 \pm 1,43$
	2003	следы	$8,52 \pm 0,95$	$0,23 \pm 0,01$	$3,17 \pm 0,77$
Восточное	2001	следы	$1,29 \pm 1,21$	следы	—
	2003	$0,06 \pm 0,06$	$11,62 \pm 1,09$	$0,21 \pm 0,01$	$3,22 \pm 0,85$
Южное	2001	следы	следы	следы	—
	2003	$0,05 \pm 0,05$	$10,81 \pm 1,44$	$0,22 \pm 0,02$	$2,83 \pm 0,53$

Процентный вклад отдельных анионов в общую минерализацию осадков, выпадающих в зимний период представлен на рисунке 3.

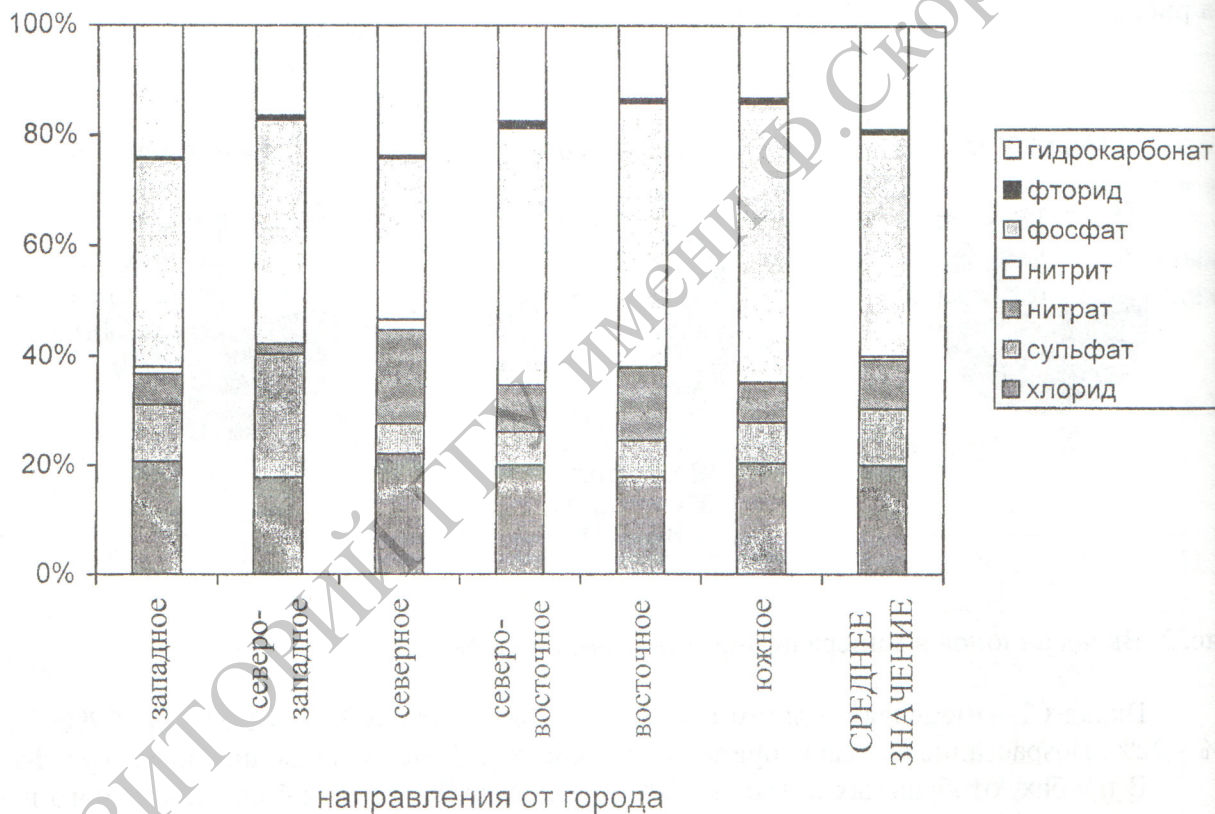


Рис. 3. Процентный вклад анионов в общую минерализацию

Как видно из представленных данных, в атмосферных осадках зимнего периода изучаемого урбанизированного региона наблюдается преобладание фосфата – 40,5 % общего анионного состава (от 29,2 до 50,6% по различным направлениям). Основным источником выбросов этого аниона является Гомельский химический завод, расположенный на северо-западе от города. Максимальный процентный вклад фосфата в общую минерализацию снеговых вод, отмечен как в направлениях, соответствующих зимней розе ветров, так и для территорий, прилегающих к источнику эмиссии.

Вклад хлорида в общую минерализацию снеговых вод оставался практически неизменным по направлениям отбора и составил около 20%. Вариабельность вклада гидрокарбоната составила 1.9 раза: от 13% на юге и востоке до 23-24% на севере и западе. Распределение сульфата по территории отбора было следующим: вблизи источника эмиссии (химический завод) вклад этого аниона составил 23%, тогда как по остальным направлениям – от 5 до 8%. Вклад нитрата характеризуется высокой вариабельностью – от 2 до 17%, а также чет-

кой зависимостью от направления отбора проб: 13-17% на севере и востоке и 6-7% на юге и западе. Такие анионы как фторид и нитрит не оказывают существенного влияния на общую минерализацию снеговых вод – их вклад составлял 0.2(0.4) – 1.2(1.3)%.

В порядке убывания вклада в минерализацию анионный состав снеговых вод Гомельской городской агломерации можно представить в виде следующего ряда: фосфат > хлорид > гидрокарбонат > сульфат > нитрат > нитрит, фторид. Найденная закономерность отличается от данных, приведенных в литературе: для г. Гомеля характерно высокое содержание фосфата в атмосферных осадках.

Величину поступления анионов на единицу поверхности земли оценивали по фактическим данным о сумме выпадения осадков за сезон (таблица 5).

Таблица 5

Поступление анионов, мг/м^2 , со снеговыми водами на поверхность земли

Направление	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	NO_2^-	PO_4^{3-}	F^-	HCO_3^-
Западное	270,5± 62,6	128,4± 53,2	74,0± 12,6	15,7± 8,5	492,9± 35,1	5,6± 0,6	302,8± 90,6
Северо-западное	223,4± 22,3	299,3± 123,3	24,7± 18,9	—	515,7± 50,9	8,7± 1,5	211,3± 46,8
Северное	259,9± 40,9	67,2± 10,0	207,9± 96,3	20,2± 8,0	356,7± 12,4	6,2± 0,6	291,3± 52,9
Северо-восточное	137,5± 6,4	41,6± 7,4	58,2± 4,2	—	317,8± 26,9	8,6± 0,7	120,3± 31,2
Восточное	176,1± 13,7	63,7± 7,1	129,5± 33,5	2,4± 2,4	471,7± 45,8	8,3± 0,3	132,5± 35,9
Южное	164,2± 10,5	61,5± 11,3	69,5± 27,8	1,9± 1,9	412,1± 60,5	8,2± 0,5	106,3± 19,6

Полученные данные отражают выше обозначенную закономерность: наибольшее количество с осадками на земную поверхность поступает фосфата ($317,79 - 515,74 \text{ мг/м}^2$); хлорида – до $270,52 \text{ мг/м}^2$; гидрокарбоната – до $302,79 \text{ мг/м}^2$; сульфата – до $299,3 \text{ мг/м}^2$; нитрата – до $207,9 \text{ мг/м}^2$; фторида – до $8,73 \text{ мг/м}^2$; нитрита $20,23 \text{ мг/м}^2$. Общая минерализация осадков по анионам составляла от $688,32$ до $1283,25 \text{ мг/м}^2$ и зависела от направления отбора.

Распределение значений поступления анионов с осадками в зимний период на единицу площади несколько отличается от ряда их концентраций в снеговых водах. Это связано с толщиной снегового покрова в местах отбора проб, «возрастом» снега и другими факторами. Поэтому целесообразно оценивать фактические валовые концентрации анионов в снеговых водах. Для западного, северо-западного и северного направлений отбора проб суммарные концентрации анионов составили 35,38; 32,29 и 33,69 мг/л соответственно, для северо-восточного, восточного и южного направлений – 18,23; 24,28 и 21,38 мг/л соответственно. Превышение полученных значений над фоновыми составило от 3,5 до 7 раз.

Заключение

Показатель кислотности снеговых вод, отобранных в 2001 – 2003 гг, был близок к нейтральными значениями. К кислотным осадкам может быть отнесено 4-27 % всех проб, 17-32% – имели характеристики чистых осадков, 52-79% проб были близки к $\text{pH}=7$.

Суммарная концентрация анионов в снеговых водах составила 18,2 – 35,4 мг/л, существенно зависела от направления отбора (розы ветров) и превышала фоновые значения в 3.5 – 7 раз.

Анионный состав снежного покрова образует следующий ряд убывания вклада в общую минерализацию: фосфат (40,5 %) > хлорид (20%) > гидрокарбонат (19%) > сульфат (10.5%) > нитрат (9%) > нитрит, фторид (0.7%).

Общее поступление анионов со снеговыми водами на поверхность земли составило от 893,3 до 1283,3 мг/м².

По содержанию анионов в снежном покрове и величине их поступления на земную поверхность, исследуемый регион относится к высоко урбанизированной территории.

Abstract

The acidity of snow water samples in the Gomel-City region in the years 2001 – 2003 was neutral (4-27% samples were acid). Total anion concentration in the snow water samples was 18.2 – 35.4 mg/l and exceeded background values 3.5 – 7 times. Anion composition of the snowy cover form the decrease line: PO_4^{3-} (40.5%) > Cl^- (20%) > HCO_3^- (19%) > SO_4^{2-} (10.5%) > NO_3^- (9%) > NO_2^- , F^- (0.7%). Total anion entering on the earth surface was 893,3 – 1283,3 mg/m².

Литература

1. Зайков Г.Е., Маслов Н.А., Рубайло В.Л. Кислотные дожди и окружающая среда. – М.: Химия, 1991. – 144 с.
2. Израэль Ю.А., Назаров И.М. и др. Кислотные дожди. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 271 с.
3. Черняева Л.Е., Черняев А.М., Могиленских А.К. Химический состав атмосферных осадков (Урал и Приуралье). – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 180 с.
4. РД 52.04.86-89. (руководящий документ). Методические указания по определению химического состава осадков // Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 725 с.
5. Лавриненко Р.Ф. Осреднение значений pH атмосферных осадков с учетом щелочных и кислотных компонентов их состава // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Выпуск 6. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – С. 130–139.

Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины

Поступило 26.03.03