

УДК 551.557.13 (476.2-2Гом)

## Оценка влияния Гомельского химического завода на состав снеговых вод в окрестностях г. Гомеля по результатам 2007 года

В. А. СОБЧЕНКО, А. М. БУДОВ, А. А. ГОРНАСТАЛЕВ

### Введение

В г. Гомеле действует более 100 промышленных предприятий различных форм собственности, которые производят выброс загрязняющих веществ в атмосферу. Также на состояние воздушного бассейна г. Гомеля оказывают большое влияние промышленные предприятия, находящиеся на территории Гомельского района. Всего на территории г. Гомеля и Гомельского района располагается 21 предприятие с выбросом загрязняющих веществ в атмосферу более 100 т/год.

ОАО «Гомельский химический завод» — одно из крупнейших предприятий химической отрасли Республики Беларусь. Строительство завода было начато в 1963 году. 27 декабря 1965 года была пущена первая очередь завода, состоящая из цеха по производству серной кислоты, центральной заводской лаборатории и вспомогательных подразделений. За короткий срок были введены мощности по производству широкого ассортимента продукции [1]. В настоящее время основными производствами являются следующие:

- производство серной кислоты контактным методом (сырьем для ее производства является привозная сера. Основным потребителем — производство фосфоросодержащих удобрений, около 15 % составляет товарная кислота);
- производство фосфорной кислоты дигидратным методом (сырьем для производства служат апатитовый концентрат и серная кислота; используется в основном для производства фосфорных удобрений);
- производство гранулированного аммофоса (сырьем для производства являются фосфорная кислота и аммиак);
- производство аммонизированного суперфосфата (выпуск организован с августа 1994 года после реконструкции цеха двойного суперфосфата по собственной технологии);
- производство комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений;
- производство сульфата натрия; дополнительно налажен выпуск феномелана, гербицида "Белфосат";
- производство фтористых солей;
- производство нефелинового антипирена (в настоящее время из-за отсутствия сбыта нефелинового антипирена не выпускается. В цехе освоен выпуск фунгицидов «Азофос» и «Полиазофос», ведется поиск технологии выпуска новых видов огнетушащих составов);

Налаживаются новые производства.

В составе загрязнителей, выбрасываемых Гомельским химическим заводом в атмосферу, присутствуют:  $\text{SO}_2$  (797 т/год), аммофос (216 т/год),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (167 т/год), аммиак (175 т/год), пылевые частицы (143 т/год), фтористые соединения (80 т/год),  $\text{CO}$  (55 т/год),  $\text{NO}_2$  (51 т/год) и т.д. Несмотря на достаточно большие объемы выбросов данное предприятие не является лидером среди промышленных производств Гомельщины. По объемам выбросов, загрязняющих веществ в атмосферу его превосходят ОАО «Гомельстекло» и Гомельская ТЭЦ-2 — самая крупная теплоэлектроцентраль региона.

Поскольку Гомельский химический завод занимает только третье место по объемам атмосферных эмиссий, а предприятия, занимающие первое и второе места в этом списке, расположены относительно недалеко, целью данных исследований являлась оценка влияния Гомельского химического завода на химический состав снеговых вод в окрестностях г. Го-

меля и уточнение зоны его влияния на основе данных по содержанию анионов и катионов в снеговом покрове на территории Гомельского района.

### Материалы и методы исследования

Исследования проводились в окрестностях г. Гомеля (до 15 км от черты города). Отбор проб снеговых осадков выполнялся в феврале 2007 г. с помощью цилиндрического бура на всю глубину снегового покрова на расстоянии не менее 200 м от дорог в соответствии со стандартной методикой [2]. Отбор проб проводился по следующему принципу:

Первая группа точек отбора располагалась в радиальном направлении от города вдоль основных автомобильных трасс шагом в 2–2,5 км. Точки 1–5 расположены по трассе «Гомель – Брест» от остановки «Солнечная». Последняя точка отбора находится после поворота на п. Прибор. Точки 6–10 расположены по трассе «Гомель – Минск» до поворота на д. Александровка. Точки 11–15 закладывались вдоль трассы «Гомель – Могилев» (выбирались открытые участки между д. Еремино, г.п. Костюковка и п. Большевик. Последняя точка данной серии находится между п. Большевик и д. Калинино). Серия точек 16–20 расположена по дороге на г. п. Ветка. Точки 21–25 заложены по дроге Якубовка – Кленки. Точки 26–30 располагаются вдоль трассы «Гомель – Чернигов», последняя из них находится в районе д. Орленск.

Вторая группа точек более густо размещена в районе Гомельского химического завода. Расположение точек отбора следующее. Точка 31 – справа по ходу движения по первой объездной трассе между деревнями Красный Богатырь и Новая Мильча. Точка 32 – около перекрестка у д. Новая Мильча. Точки 33 и 34 – в районе центральной проходной Гомельского химического завода. Точки 35–38, 51, 53, 54 опоясывают терриконы на расстоянии около 100 м, охватывая  $\frac{3}{4}$  окружности территории отвалов Гомельского химзавода (последнюю треть занимают собственно производственные территории). При этом точки 51 и 52 расположены в непосредственной близости от места сброса отходов производства с навесной линии (51 в северо-западном направлении, 52 – в южном), точка 54 – недалеко от места сброса отходов автотранспортом, остальные точки (35–38) заложены вдоль более старых терриконов (с северной их стороны). Точки 39, 43, 50, 53, 55 составляют второе кольцо отбора образцов снега вокруг отвалов и расположены на некотором удалении от территории сброса отходов. В зоне прямой видимости терриконов расположены точки 40–41 (поворот на д.Залипье), 48–49 (вдоль второй объездной трассы). В районе ТЭЦ – 42, 44, 45 (около западной окраины д. Залипье), 46 (проходная ТЭЦ) и 47 (на въезде в п. Урицкое со стороны города). На некотором удалении размещены точки отбора 56 (в южном направлении по второй объездной трассе) и 57 (справа от дроги по направлению движения д.Залипье – д. Красный Маяк.).

В талых водах после пробоподготовки (осаждение примесей и ультрафильтрация) на системе капиллярного электрофореза «Капель 103Р» по стандартной методике определялись концентрация анионов  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  и катионов  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Sr}^{2+}$  [3, 4]. Всего отобрано 57 проб снеговых осадков, проведено 798 измерений.

Статистическая обработка результатов измерений проводилась с помощью пакета прикладных программ *Statistica for Windows 5.5 A ('99 Edition)*. Картирование снеговых осадков на территории Гомельского района проводилось с помощью пакета программ *Surface Mapping System (Surfer Win32 6.04)*.

### Результаты и обсуждение

Полученные результаты показывают, что неорганические катионы и анионы в снеговом покрове окрестностей Гомеля распределены не всегда равномерно, характеризуются различными концентрациями и в различной степени связаны с расположением Гомельского химического завода. Результаты статистической обработки результатов определения концентраций катионов и анионов в снеговых осадках приведены в таблицах 1 и 2.

Так, ионы  $\text{Mg}^{2+}$ : в целом более или менее равномерно распределены в снеговом покрове: обнаружены в 54 пробах из 57. При этом в районе химзавода отмечены в 25 из 27 в

концентрации  $0,33 \pm 0,03$  мг/л. В Гомельском районе средние концентрации составляют  $0,59 \pm 0,02$  мг/л. Значения испытывают колебания от 0,18 до 0,90 мг/л. Локальные максимумы наблюдаются по трассе Гомель – Брест, между д. Еремино и г.п. Костюковка (в районе ОАО «Гомельстекло»), на южной окраине района «Новобелица» (в районе завода «Кристалл» и завода химизделий).

Таблица 1 – Статистические показатели концентрации ионов в снеговых водах в Гомеле и его пригороде без данных по прилегающей к химзаводу территории (точки отбора 1–30)

в миллиграммах на литр						
Ион	Кол-во проб, сод-х ион	среднее значение $\pm$ стандартная ошибка	медиана	минимум	максимум	стандартное отклонение
хлорид	20	$3,21 \pm 0,47$	2,94	0,54	9,62	2,08
нитрит	6	$0,59 \pm 0,25$	0,42	0,05	1,75	0,62
сульфат	0	В пробах не обнаружен				
нитрат	19	$0,61 \pm 0,12$	0,41	0,04	1,82	0,54
фторид	0	В пробах не обнаружен				
фосфат	14	$4,01 \pm 0,64$	3,28	0,13	7,87	2,41
аммоний	24	$0,72 \pm 0,05$	0,66	0,33	1,33	0,27
натрий	15	$8,65 \pm 3,32$	0,95	0,03	43,57	12,86
магний	29	$0,59 \pm 0,02$	0,62	0,35	0,90	0,13
стронций	0	В пробах не обнаружен				
барий	4	$0,23 \pm 0,07$	0,17	0,14	0,43	0,14
кальций	13	$0,92 \pm 0,29$	0,60	0,08	3,72	1,03

Таблица 2 – Статистические показатели концентрации ионов в снеговых водах в районе Гомельского химзавода (точки отбора 31–57)

в миллиграммах на литр						
Ион	Кол-во проб, сод-х ион	среднее значение $\pm$ стандартная ошибка	медиана	минимум	максимум	стандартное отклонение
хлорид	2	$1,46 \pm 1,28$	1,46	0,18	2,74	1,81
нитрит	6	$0,92 \pm 0,33$	0,60	0,26	2,33	0,80
сульфат	18	$82,80 \pm 41,80$	23,15	0,60	747,54	177,34
нитрат	25	$1,41 \pm 0,32$	1,00	0,29	8,12	1,60
фторид	6	$0,49 \pm 0,18$	0,45	0,02	1,23	0,43
фосфат	11	$2,15 \pm 0,73$	1,06	0,30	7,92	2,42
аммоний	25	$0,67 \pm 0,08$	0,58	0,28	2,45	0,41
натрий	1	0,16	-	0,16	0,16	-
магний	25	$0,33 \pm 0,03$	0,28	0,18	0,77	0,15
стронций	15	$1,61 \pm 0,45$	0,88	0,35	5,67	1,74
барий	2	$0,15 \pm 0,08$	0,15	0,07	0,23	0,11
кальций	16	$27,67 \pm 14,42$	6,33	0,11	229,94	57,68

**Ионы  $\text{Na}^+$ :** обнаружены в 16 пробах из 57. При этом в районе химзавода отмечены в одной пробе из 27 в концентрации 0,16 мг/л. На остальной территории Гомельского района, охваченной исследованиями, средние концентрации составляют  $8,66 \pm 3,32$  мг/л. Значения испытывают колебания от 0,03 до 43,57 мг/л. Максимальные значения наблюдаются по трассе Гомель – Брест.

**Ионы  $\text{Ba}^{2+}$ :** встречаются достаточно редко. Обнаружены в 6 пробах из 57. При этом в районе химзавода отмечены в двух пробах из 27 в концентрациях 0,07 и 0,23 мг/л. В Гомельском районе средние концентрации составляют  $0,23 \pm 0,07$  мг/л. Ионы обнаружены также в пробах снега, отобранных в направлении Гомель – Ветка и Гомель – Чернигов на некотором удалении от города.

**Ионы  $\text{Cl}^-$ :** детектировались в 22 пробах из 57. Концентрация их колеблется в пределах от 0,18 до 2,72 мг/л. В районе Гомельского химзавода обнаружены в двух пробах в концен-

трации 0,18 и 2,74 мг/л в точках 48 и 31, которые расположены на некотором удалении от терриконов, но в зоне прямой видимости. Максимальные концентрации наблюдаются в южном и юго-западном направлениях от Гомеля.

Ионы  $K^+$  и  $Li^+$  в отобранных пробах снеговых осадков как вблизи химического производства, так и на остальной территории Гомельского района методами капиллярного электрофореза в 2007 году детектированы не были.

Ионы  $Ca^{2+}$ : отмечены в 29 пробах из 57. При этом около половины (16 против 13) приходится на прилегающие к территории Гомельского химического завода территории (группа точек отбора 31–57). Необходимо отметить, что в пределах предполагаемой зоны влияния химического производства концентрация ионов кальция составляет  $27,67 \pm 14,42$  мг/л, в среднем по району (за пределами зоны влияния) –  $0,92 \pm 0,29$  мг/л. Максимальные концентрации – от 42 до 230 мг/л – отмечены в точках 50, 52, 53 (вблизи места сброса отходов с навесной линии). По-видимому, имеет место пылевое загрязнение снега солями кальция, поскольку на расстоянии более 200 м либо за лесными посадками вблизи этих же точек концентрации  $Ca^{2+}$  в снеговых талых водах лежат в интервале от 2 до 10 мг/л.

Ионы  $Sr^{2+}$ : распределение стронция в снеговом покрове имеет абсолютно сходные с ионами кальция характеристики с той лишь разницей, что его концентрации в среднем в 10 раз ниже концентрации кальция. В пределах территории, прилегающей к Гомельскому химзаводу, его содержание составляет  $1,61 \pm 0,45$  мг/л, за ее пределами – методом капиллярного электрофореза не обнаружен. Максимальные концентрации  $Sr^{2+}$  наблюдаются в точках 50, 52 и 53 ( $3,03$ – $5,67$  мг/л).

Ионы  $SO_4^{2-}$ : сульфатное загрязнение снега на территории Гомельского района за пределами территории, прилегающей к Гомельскому химическому заводу, не наблюдается. Однако вблизи мест складирования отходов химического производства оно достигает значений  $747,54$  мг/л. В целом концентрация сульфат ионов составляла  $82,80 \pm 41,80$  мг/л и характеризуется резким снижением при удалении от точки сброса отходов с  $700$  до  $200$  мг/л в прилегающих лесных массивах. На поле в районе д. Залипье содержание сульфат-иона снижалось с  $52$  до  $10$  мг/л, на въезде в деревню составляло  $1,2$ – $1,6$  мг/л, а за д.Залипье – не обнаружен.

Ионы  $NO_2^-$ : максимумы содержания ( $1,3$ – $2,3$  мг/л) приурочены к точкам 52 и 53 (точка сброса отходов и лесной массив около нее). В среднем группа точек 31 – 57 характеризовалась содержанием  $0,92 \pm 0,33$  мг/л. На остальной территории Гомельского района –  $0,59$  мг/л. Всего нитрит-ионы обнаружены в 12 точках из 57.

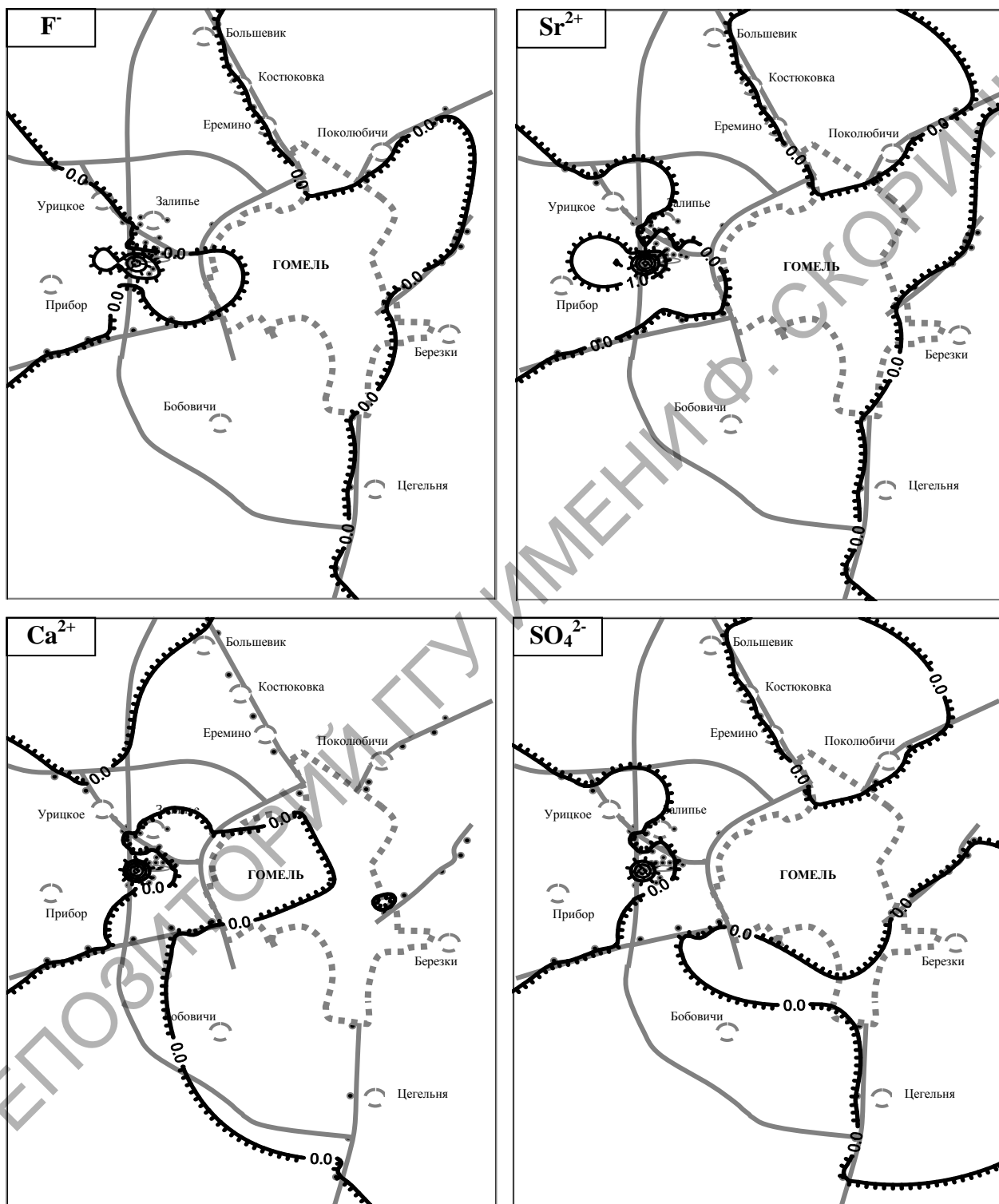
Ионы  $F^-$ : обнаружены в снеговом покрове только вблизи свежих терриконов (6 проб) в количестве ( $0,49 \pm 0,18$ ) мг/л при максимальной концентрации  $1,23$  мг/л в точке 53. На остальной изучаемой территории обнаружен не был.

Ионы  $PO_4^{3-}$ : отмечены в 25 пробах из 57. Повышенные концентрации фосфат-ионов наблюдаются в зоне расположения производственных цехов Гомельского химзавода ( $2,15 \pm 0,73$ ) мг/л (максимум около центральной проходной –  $5$ – $8$  мг/л). Одновременно с этим имеется обширная территория на юг от г.Гомеля, где содержание фосфат-иона составляет от  $5,47$  до  $7,87$  мг/л. Такая ситуация может быть объяснима осаждением частиц, содержащих фосфат-ион, выбрасываемых из труб Гомельского химического завода, поскольку упомянутая зона располагается в направлении, где по зимней розе ветров наиболее вероятно и должно происходить их осаждение.

Ионы,  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ : распределение этих ионов характеризуется расположением максимума концентрации около центральной проходной (соответственно  $8,12$  и  $2,45$  мг/л) и более размытой по сравнению с фосфат ионом территорией среднего загрязнения, которая продолжается в направлении городской территории. У  $NH_4^+$  наблюдается также повышенные концентрации в районе д. Якубовка (до  $1,33$  мг/л). В среднем по Гомельскому району концентрации изучаемых ионов составили соответственно  $1,06 \pm 0,20$  и  $0,69 \pm 0,05$  мг/л.

Таким образом, ионы стронция, фторид-ион и сульфат-ион детектируются только в местах, близких к территории Гомельского химического завода. Повышенные концентрации на данной территории характерны для нитрит- и нитрат-ионов, а также для ионов кальция. По-видимому, именно обозначенные анионы и катионы в наибольших количествах выбрасы-

ваются в атмосферу в районе Гомельского химического завода, и именно деятельностью этого предприятия обусловлена повышенная минерализация снеговых вод на северо-западной окраине города. Данный тезис подтверждает и значительно дополняет анализ результатов картирования содержания изучаемых ионов в снеговом покрове окрестностей г. Гомеля, которые представлены на рисунках 1–3.



Условные обозначения:

- ..... - границы г. Гомель; ○ - населенные пункты; — - автодороги;
- ▨ - место расположения отвалов ГХЗ; ● - точки отбора проб

Рисунок 1 – Характер распределения ионов  $F^-$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$  в снеговом покрове окрестностей г. Гомеля

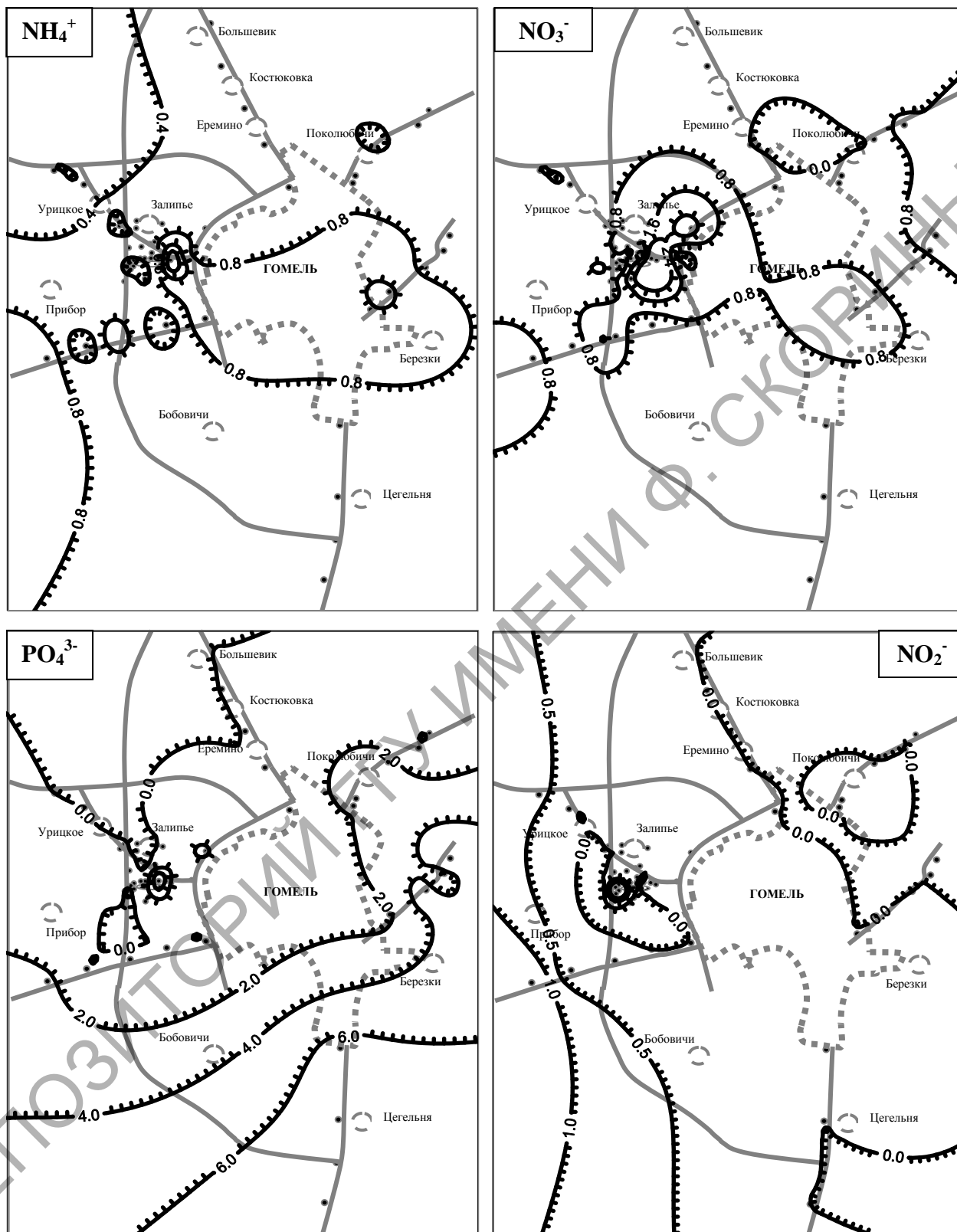


Рисунок 2 – Характер распределения ионов,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_2^-$  в снеговом покрове окрестностей г. Гомеля. Условные обозначения как на рисунке 1

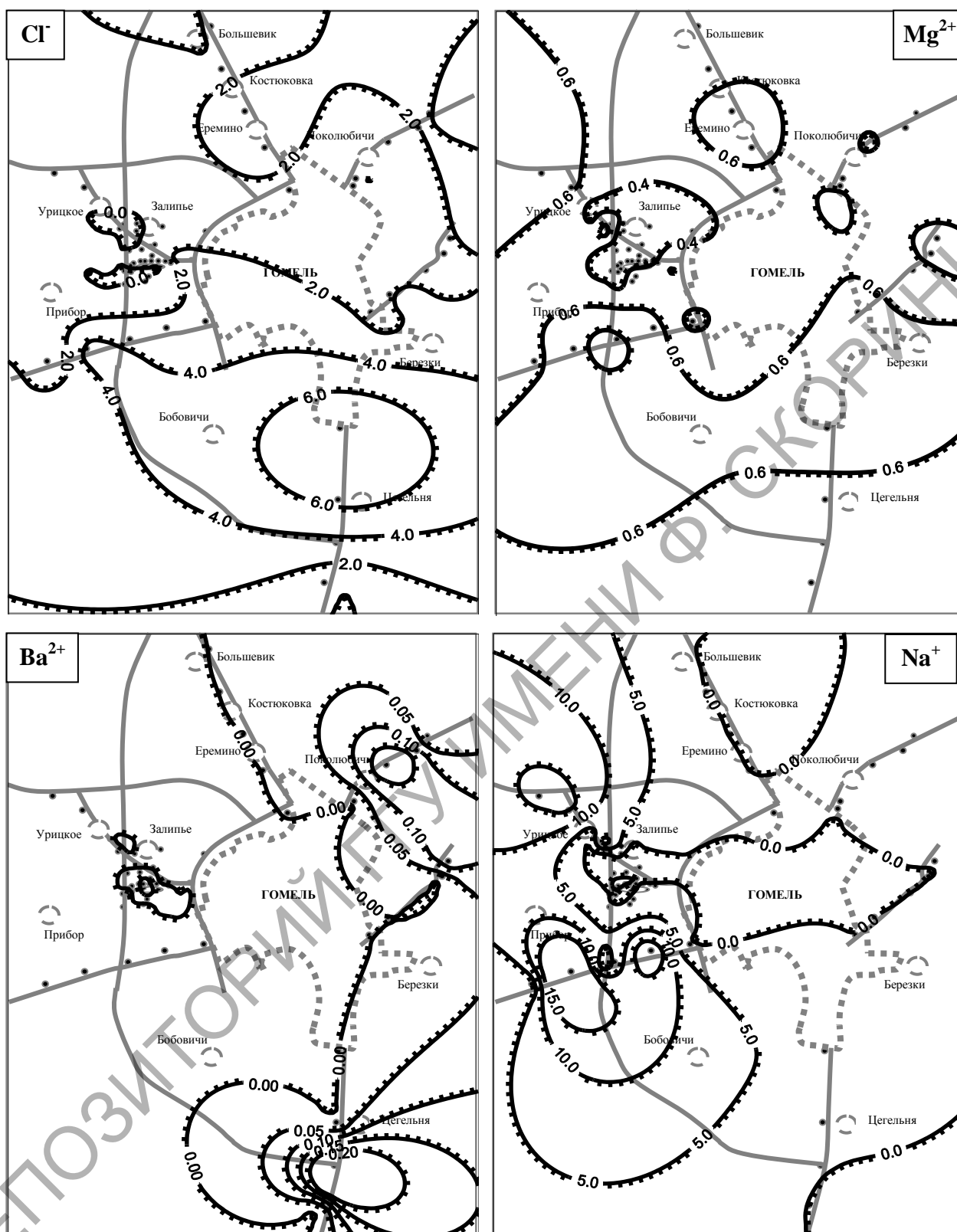


Рисунок 3 – Характер распределения ионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  в снеговом покрове окрестностей г. Гомеля. Условные обозначения как на рисунке 1

Как видно из представленной на рисунках информации, распределение анионов и катионов в снеговых осадках в Гомельском регионе в различной степени связано с расположением Гомельского химического завода. В этом отношении четко обозначены три группы ионов:

1.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{F}^-$  – группа ионов, наибольшие концентрации которых наблюдаются в местах, близких к точкам сброса отходов (см. рисунки 1, 2);

2.  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  – группа ионов, наибольшие концентрации которых наблюдаются в зоне расположения производственных цехов Гомельского химзавода: (см. рисунок 2);
3.  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  – ионы, для которых связь между расположением Гомельского химического завода и их содержанием в снеговом покрове Гомельского района не установлена (см. рисунок 3).

Необходимо отметить, что ионы, приведенные в первой группе, на остальной территории не обнаружены либо детектируются в незначительных количествах, что говорит о свежих отвалах Гомельского химического завода как о главном источнике эмиссии их в окружающую среду в изучаемом регионе. На рисунке 2 видно, что источником нитрат-ионов и катиона аммония в снеговых водах, а следственно, и в атмосфере, по-видимому, являются производственные территории Гомельского химического завода, поскольку область повышенного их содержания охватывает территорию завода и продолжается на городскую застройку (распространяется по западной, центральной и южной части города). Ионы  $\text{Ba}^{2+}$  в районе Гомельского химического завода также имеют повышенные концентрации, однако химзавод не является основным источником загрязнения атмосферы изучаемого региона по данному катиону.

### Заключение

В результате исследований было установлено, что неорганические катионы и анионы в снеговом покрове окрестностей Гомеля распределены неравномерно и в различной степени связаны с расположением Гомельского химического завода. Наибольшие концентрации ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{F}^-$  наблюдаются в местах, близких к точкам сброса отходов Гомельского химического завода (свежие отвалы). Группа ионов  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  характеризуется наибольшими концентрациями в местах расположения производственных цехов ГХЗ. Распределение  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  в снеговом покрове Гомельского района, по-видимому, не связано с расположением Гомельского химического завода.

Работа выполнена в рамках задания № 20061157 ГПОФИ «Радиация и экосистемы»

**Abstract.** The paper shows the differences of distribution of inorganic ions in snow cover of Gomel vicinities. The ions of  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{F}^-$  are distributed near the places of the new waste storage (the Gomel chemical plant) in snow cover. The ions of  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  get into atmosphere from the production territory. The ions of  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  are not connected with the location of chemical production, and probably they have different sources.

### Литература

- 1 Гомель. Справочник: справочное издание / В.И. Артемьев [и др.]. – Мн., 1999. – 373 с.
- 2 РД 52.04.86-89. Методические указания по определению химического состава осадков // Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 725 с.
- 3 ПНД Ф 14.1:2.4.167-2000. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций катионов калия, натрия, лития, магния, кальция, аммония, стронция, бария в пробах питьевых, природных, сточных вод методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель». – Введ. 28.01.2002. – М.: Госкомитет РФ по охране окружающей среды, 2000. – 27 с.
- 4 ПНД Ф 14.1:2.4.157-99. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природной, питьевой и сточной вод с применением системы капиллярного электрофореза «Капель». – Введ. 25.11.1998. – М.: Госкомитет РФ по охране окружающей среды, 1999. – 31 с.