

Жумалипов А.Р.

**ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ НА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА**

A.R. Zhumalipov

**THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE SNOW COVER ON THE NORTHERN PART OF KAZAKHSTAN**

УДК:541/789:001

Приводятся результаты исследования формирования химического состава снежного покрова на территории Северного Казахстана. Рассмотрены ионный состав и электропроводность, а также содержание концентраций анионов и катионов в снежном покрове на исследуемой территории.

The results of studies of the formation of the chemical composition of the snow cover in the Northern Kazakhstan. Examined the ionic composition and electrical conductivity, as well as maintenance of concentrations of anions and cations in snow cover in the study area.

Анализ отечественного и мирового опыта свидетельствует об усилении в последнее время интереса к теоретической и прикладной направленности в исследованиях снежного покрова [1-5]. Загрязненность снежного покрова является отражением степени антропогенного воздействия на окружающую среду. Снежный покров способен накапливать и сохранять вещества, поступающие на подстилающую поверхность из атмосферы, что позволяет проводить интегральные оценки загрязнения различных экосистем за длительные временные периоды, выявлять зоны с различной степенью загрязнений вокруг городов и промышленных районов. Это особенно важно учитывать в условиях северных ландшафтов, поскольку снежный покров в этих экосистемах

сохраняется в течение 4-5 месяцев. Выбор снежного покрова, как объекта исследований, можно считать наиболее оправданным для оценки фонового макро- и микрокомпонентного состава и аэротехногенного загрязнения окружающей среды различными неорганическими и органическими поллютантами.

Содержание загрязняющих веществ (ЗВ) в снежном покрове нами рассмотрено на основе данных наблюдений за пятилетний период 25 метеорологических станций, расположенных на территории северной части Казахстана. При выполнении данного исследования были использованы пробы снега, отобранные на метеорологической сети Казгидромета, выполненные в соответствии с единой методикой отбора проб [6]. Химический анализ выполнен в аттестованной химлаборатории Казгидромета в г. Алматы тоже в соответствии с существующими требованиями и стандартами, принятыми в метеорологии.

Среднемноголетнее распределение количества атмосферных осадков за период залегания снежного покрова на территории Северного Казахстана представлено на рисунке 1. Анализ данного графика позволяет определить районы с наибольшим количеством атмосферных осадков за период залегания снежного покрова.

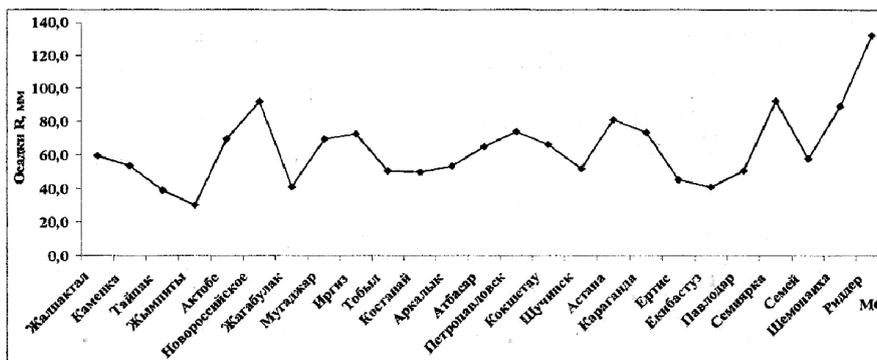


Рис. 1. Распределение среднемноголетнего количества выпавших атмосферных осадков в виде снега за 2005 - 2010 гг.

Среднее количество годовых сумм осадков изменяется в основном от 30 до 132 мм/год. Максимальное количество осадков над западной частью территории наблюдается на MS Новороссийское и достигает 92 мм осадков в период залегания снежного покрова. Наименьшие значения наблюдаются на крайнем западе исследуемой территории. На этих станциях оно составляет около 30-60 мм/год (Жалпактал, Жымпиты).

Над районами Северного Казахстана пространственная изменчивость количества осадков в зимний

период невелика и колеблется в пределах от 45 до 65 мм. Только над восточной частью рассматриваемой территории (Алтай) их количество заметно возрастает. Максимум осадков до 132,4 мм имеет место на MS Риддер, что обусловлено влиянием горных массивов.

Количество веществ, накапливающихся в снежном покрове, зависит от продолжительности его существования. На рисунке 2 представлена средняя продолжительность снежного покрова за 2005-2010.

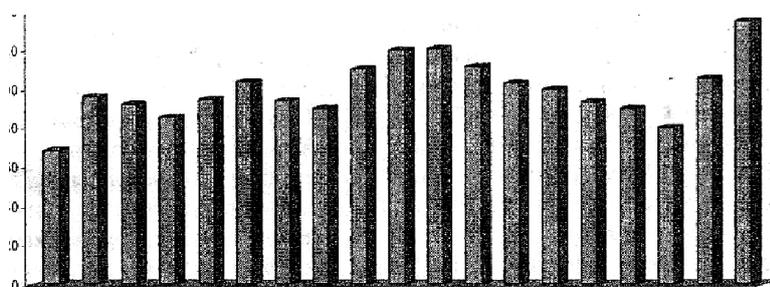


Рис. 2. Средняя продолжительность залегания снежного покрова за 2005 - 2010 гг.

Средняя продолжительность залегания снежного покрова меняется от 68 дней на западе (МС Жалпактал) до 135 дней на востоке (МС Риддер) исследуемой территории. Можно видеть, что по сравнению с южной частью Казахстана [7] снежный покров здесь более устойчив и более продолжителен. Соответственно, полученные ниже результаты следует считать статистически более обеспеченными.

Ионный состав снежного покрова. Средняя минерализация воды в снежном покрове и величина электропроводности приведены в таблице 1. Можно видеть, что сумма ионов имеет два основных максимума. Один максимум расположен над западным Казахстаном, в районе Актобе - Новороссийск, а второй над востоком территории - в районе Екибастуза и Павлодара.

Таблица 1

Сумма ионов и электропроводность в снежном покрове

№	Станции	Осадки, мм	Сумма ионов, мг/л	Электропроводность, мкСм/см
1	Жалпактал	59,36	27,51	42
2	Каменка	53,63	45,76	77
3	Тайпак	39,10	43,31	75
4	Жымпиты	30,11	39,97	66
5	Актобе	69,60	57,51	94
6	Новороссийское	92,10	47,70	81
7	Жагабулак	41,03	8,72	15
8	Мугаджар	69,53	27,97	40
9	Иргиз	72,92	11,59	20
10	Гобыл	50,73	15,59	29
11	Костанай	49,83	19,21	34
12	Аркалык	53,65	19,78	37
13	Атбасар	65,18	27,95	45
14	Петропавловск	73,95	12,85	23
15	Кокшетау	66,28	27,57	48
16	Щучинск	51,80	11,72	21
17	Астана	81,40	16,23	28
18	Караганда	73,47	41,07	68
19	Ертис	45,56	17,20	33
20	Екибастуз	41,17	33,97	59
21	Павлодар	50,87	94,78	164
22	Семиярка	92,44	18,87	36
23	Семей	58,10	40,41	70
24	Шемонаиха	89,45	27,09	47
25	Риддер	132,35	15,57	27

В максимуме над западным Казахстаном сумма ионов составляет 50-60 мг/л. В максимуме над восточной частью территории над Павлодаром сумма ионов достигает 95 мг/л. Этот ярко выраженный экстремум концентрации ионов обуславливается наличием в этом районе целого комплекса крупных промышленных предприятий в Екибастузе, Павло-

даре. Их работа сопровождается выбросами большого количества ЗВ в атмосферу, которые затем с осадками или путем прямого осаждения оседают на снежный покров. Тоже самое можно сказать и о максимуме в районе Актобе. Это и приводит большому количеству ионов, концентрация которых в отдельные годы достигала 131,27 мг/л (Новорос-

сийское 2008 - 2009гг.) и 130,05 мкг/л (Павлодар - 2008-2009гг.).

Между количеством осадков, выпавших в виде снега и на снег с одной стороны и концентрацией ионов с другой, в отличие от концентраций ионов в жидких осадках, нет выраженной зависимости. Так, над западной частью территории минимальная концентрация имеет место в Жагабулаке, где имеет место и минимальное количество осадков. В то же время в Петропавловске минимальные концентрации наблюдаются при максимальном количестве осадков в этой части территории.

Электропроводность. Электропроводность осадков определяется, как известно, содержанием ионов в них, поэтому значения электропроводности повторяют ход суммы ионов. Величины электро-

проводности изменяются в широких пределах: от 160 до 15 мкСм/см (таблица 1). Основной максимум отмечается над МС Павлодар, он превышает 164 мкСм/см и вторичный над Новороссийское, 94 мкСм/см. Над центральной частью северного Казахстана от Жагабулака до Астаны электропроводность составляет 20-30 мкСм/см, с минимумом над Жагабулаком, 15 мкСм/см.

Таким образом, на МС Новороссийское и Павлодар, отмечаются наиболее высокие значения электропроводности. В среднем по всей рассматриваемой территории электропроводность составляет около 50 мкСм/см, хотя межгодовая изменчивость может заметно варьировать, от 13 на МС Иргиз в 2005-2006 гг. до 209 мкСм/см 2008 - 2009 гг. на МС Новороссийское (рис.3).

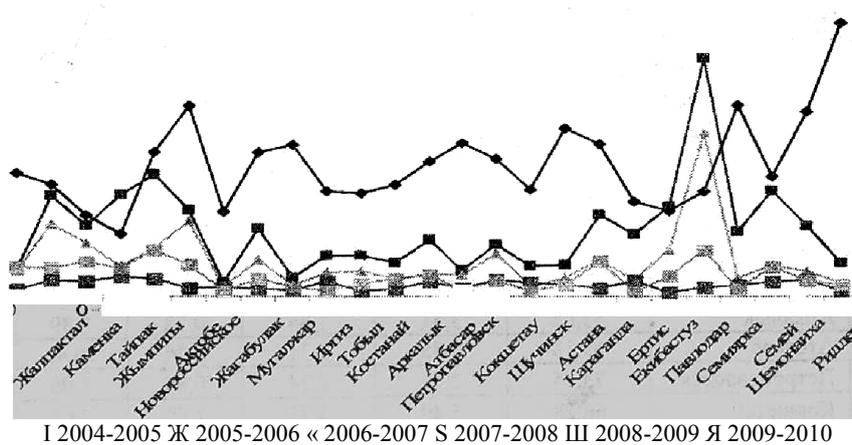


Рис. 3. Межгодовая изменчивость электропроводности в снежном покрове за 2005 - 2010 гг.

Содержание анионов. В таблице 2. и на рис. 4 представлено пространственное распределение анионов.

Максимум средних концентраций большинства основных анионов приходится на МС Павлодар: сульфатов - 24, 69 мг/л, НСО3 - 22,56 мг/л, С1 - 16,64 мг/л. Максимум NО3 - 0,95 мг/л приходится, однако, на МС Жымпиты - 2,00 мг/л (рис. 4).

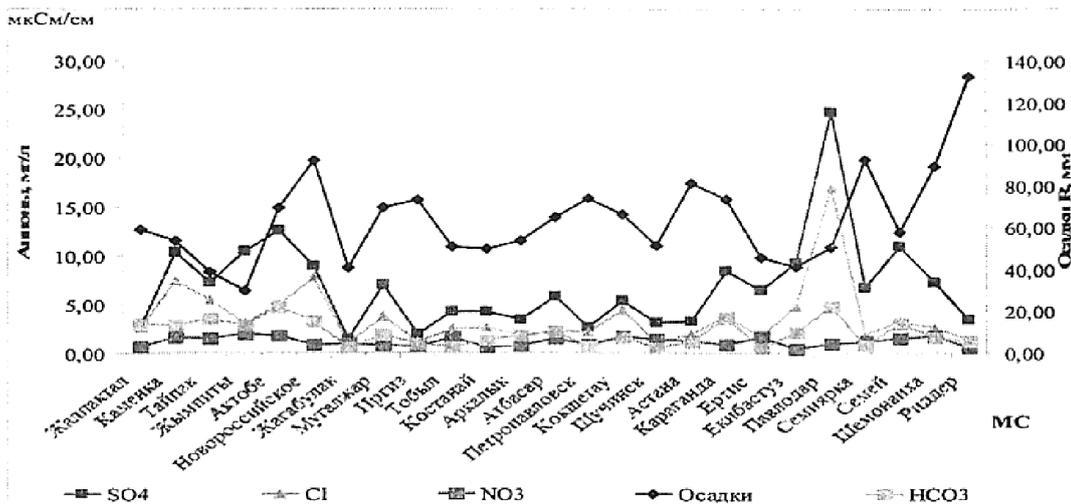


Рис. 4. Средние концентрации анионов в снежном покрове за 2005 - 2010 гг.

Кроме Павлодара концентрации анионов S04 превышают 10 мг/л на МС Каменка, Актобе и Семей. В то же время над мощным источником выбросов сульфатов Экибастуз, их концентрация ниже 10 мг/л, хотя и незначительно. Над Астаной, Петропав-

ловском, Кустанаем, Риддером - крупными городами Казахстана концентрации сульфатов близки к минимальным над рассматриваемой территорией, они ниже 5 мг/л (табл. 2).

В снежном покрове на исследуемой территории Казахстана концентрации анионов хлора находятся в пределах от 16,94 мг/л (МС Павлодар) до 0,98 мг/л (МС Жагабулак) (рис.4 и таблица 2).

Над западной частью рассматриваемой территории максимальные концентрации анионов хлора

имеют место над МС Новороссийское и Каменка, более 7,5 мг/л, а на восточной - над МС Павлодар, 16,94 мг/л. Минимальные концентрации, ниже 2 мг/л, имеет место в районах МС Жагабулак и Иргиз - на западе и МС Риддер, Ертис - на востоке (таблица 2).

Таблица 2

Среднее содержание основных анионов в снежном покрове 2005-2010 гг. (мг/л).

Станции	Осадки	S04	С1	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>
Жалпактал	59,36	2,69	2,62	0,65	13,81
Каменка	53,63	10,38	7,52	1,60	13,45
Тайпак	39,10	7,30	5,46	1,54	16,59
Жымпиты	30,11	10,47	3,11	2,00	13,31
Актобе	69,60	12,57	5,02	1,81	22,62
Новороссийское	92,10	8,95	7,78	0,83	15,34
Жагабулак	41,03	1,45	0,98	0,97	2,81
Мугаджар	69,53	7,00	3,71	0,78	8,45
Иргиз	72,92	1,90	1,17	0,71	4,43
Тобыл	50,73	4,20	2,42	1,55	2,83
Костанай	49,83	4,22	2,61	0,58	6,13
Аркалык	53,65	3,51	1,84	0,78	8,39
Атбасар	65,18	5,85	2,31	1,54	10,43
Петропавловск	73,95	2,71	2,24	0,85	2,96
Кокшетау	66,28	5,40	4,45	1,69	7,65
Щучинск	51,80	3,19	1,06	1,49	2,75
Астана	81,40	3,23	1,92	1,22	5,24
Караганда	73,47	8,49	3,70	0,90	16,99
Ертис	45,56	6,48	1,72	1,68	2,37
Екибастуз	41,17	9,32	4,78	0,43	9,82
Павлодар	50,87	24,69	16,94	0,95	22,56
Семиарка	92,44	6,78	1,91	1,17	3,48
Семей	58,10	10,99	3,30	1,54	14,24
Шемонаиха	89,45	7,35	2,59	1,71	7,80
Риддер	132,35	3,46	1,39	0,53	5,50

Известно что, основными источниками выбро- в азотной кислоты являются предприятия, производящие азотные удобрения, азотную кислоту, илиновые красители, нитросоединения, вязкозный глк, целлюлоид [6]. Среднеголетние и годовые «центрации нитратов в снежном покрове приве- ны на рисунке 5, а средние по рассматриваемым дам на рис 6.

Основной максимум концентрации анионов NO<sub>3</sub> 1еет место в западной части территории, Жампиты, 30 мг/л, а над восточной ее частью высокие нцентрации отмечаются в МС Шемонаиха, 1,71 /л, Ертис, 1,68 мг/л и Семей, 1,54 мг/л. Основной

минимум концентрации анионов NO<sub>3</sub> имеет место в Экибастузе, 0,43 мг/л, а также в Риддере, 0,53 мг/л. Над западной частью территории концентрации NO<sub>3</sub> в общем выше и минимум здесь составляет 0,65 мг/л в Жалпактале. Относительно низкие концентрации рассматриваемого ингредиента имеют место в Костаная и Петропавловске.

Можно видеть, что в общем распределение анионов NO<sub>3</sub> по рассматриваемой территории слабо согласуется с общими правилами, отмеченными выше, о более высоких концентрациях анионов NO<sub>3</sub> в промышленных центрах.

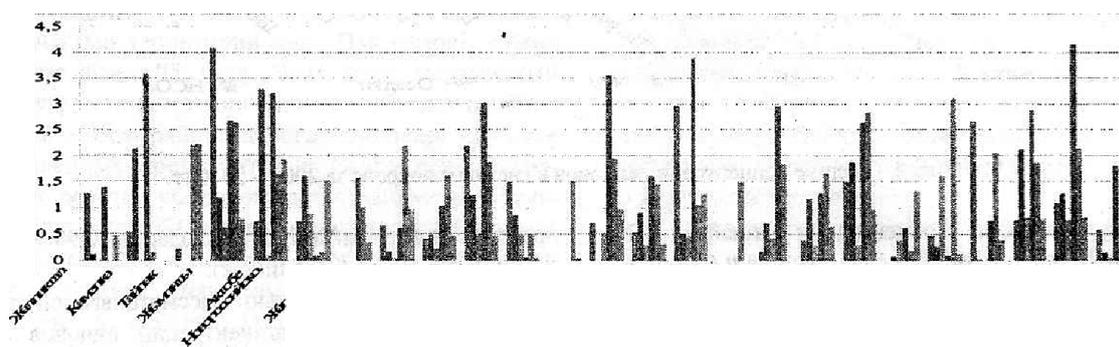


Рис. 5. Концентрация нитратов (NO<sub>3</sub>) в снежном покрове за 2005 - 2010 гг.

Межгодовая изменчивость анионов  $\text{NO}_3$  по станциям довольно высокая. Концентрации в смежные годы могут различаться в три раза и даже больше.

Это имеет место на МС Кокчетав, Каменка, Риддер и других (рис. б).

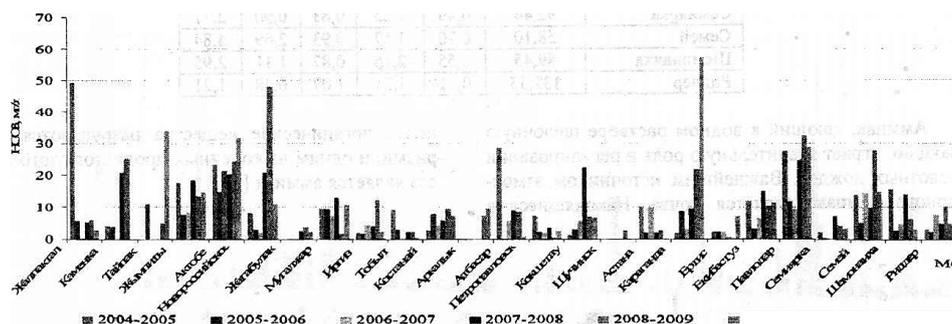


Рис. 6. Концентрация гидрокарбонатов ( $\text{HCO}_3^-$ ) в снежном покрове за 2005 - 2010 гг.

Угольная кислота образуется в результате сжигания твердых отходов. Она образует средние и кислые соли. Средние соли называются карбонатами, кислые гидрокарбонатами. Высокие концентрации анионов  $\text{HCO}_3^-$  отмечаются над довольно обширной территорией Западного Казахстана, на которой находятся шесть станций, данные которых используются в анализе (таблица 2). Концентрации  $\text{HCO}_3^-$  колеблются здесь от 13 до 22 мг/л с максимумом в Актобе, 22,62 мг/л.

Над востоком территории высокие концентрации анионов  $\text{HCO}_3^-$  имеют место над Павлодаром, 22,56 мг/л, Карагандой, 16,99 мг/л и Семипалатинском, 14,24 мг/л. Довольно высокие концентрации анионов  $\text{HCO}_3^-$  также в Атбасаре - Северный Казахстан - 10,43 мг/л. На остальной территории концентрации анионов  $\text{HCO}_3^-$  ниже 10 мг/л, а на станциях Жагабулак, Петропавловск, Щучинск и Ертис, они ниже 3 мг/л. Значительные перепады ве-

личин концентрации анионов  $\text{HCO}_3^-$  в снежном покрове по территории (от 3 до 22 мг/л) указывают на значительный вклад региональных источников выбросов. Пространственно-временная изменчивость гидрокарбонатов в снежном покрове за 2005 - 2010 годы представлены на рисунках 4, 6.

Межгодовая изменчивость анионов  $\text{HCO}_3^-$  в снежном покрове велика. Она может меняться в десять и более раз. Так, концентрации  $\text{HCO}_3^-$  в Караганде в 2004-2005 году составили 1,71 мг/л, а в 2009-2010 году 57,34 мг/л. Высокая межгодовая изменчивость концентрации анионов  $\text{HCO}_3^-$  характерна и для ряда других МС. Вместе с тем в Риддере, Костаная, Актобе, Павлодаре и других станциях межгодовая изменчивость концентраций анионов  $\text{HCO}_3^-$  невелика (рис. 6).

Содержание катионов. В таблице 3 приведены средние значения основных катионов в снеге на исследуемой территории за 2004-2010 гг.

Таблица 3

Среднее содержание основных катионов в снежном покрове.

Станции	Осадки	$\text{NH}_4$	Na	K	Mg	Ca
Жалпактал	59,36	0,49	1,84	0,71	1,14	3,55
Каменка	53,63	0,31	4,86	0,69	1,79	5,14
Тайпак	39,10	0,26	3,54	1,59	2,96	4,07
Жымпиты	30,11	0,59	2,34	1,08	2,26	4,81
Актобе	69,60	1,29	4,11	1,03	2,64	6,41
Новороссийское	92,10	1,80	5,49	1,85	1,26	4,38
Жагабулак	41,03	0,32	1,07	0,33	0,25	0,53
Мугаджар	69,53	0,82	1,31	1,20	1,53	3,15
Иргиз	72,92	0,57	1,14	0,46	0,22	0,99
Тобыл	50,73	0,33	1,37	0,37	0,72	1,81
Костанай	49,83	0,47	1,44	0,89	0,87	2,07
Аркалык	53,65	0,63	1,14	0,34	0,85	2,32
Атбасар	65,18	0,24	2,19	0,73	1,25	3,40
Петропавловск	73,95	0,24	1,29	0,81	0,45	1,41
Кокшетау	66,28	0,63	3,20	0,94	0,99	2,63
Щучинск	51,80	0,32	1,03	0,34	0,15	1,39
Астана	81,40	0,42	1,23	0,49	0,71	1,74
Караганда	73,47	0,22	2,86	0,50	2,15	5,24
Ертис	45,56	0,53	1,33	0,76	0,86	1,46
Екибастуз	41,17	0,48	2,65	1,12	1,92	3,03
Павлодар	50,87	0,92	13,19	3,16	2,54	9,81

Семиарка	92,44	0,49	1,25	0,83	0,90	2,11
Семей	58,10	0,70	1,17	0,93	2,69	4,84
Шемонаиха	89,45	0,55	2,16	0,87	1,11	2,95
Риддер	132,35	0,71	1,21	1,07	0,48	1,21

Аммиак, дающий в водном растворе щелочную реакцию, играет значительную роль в регулировании кислотных дождей. Важнейшим источником атмосферного аммиака является почва. Находящиеся в почве органические вещества разрушаются бактериями, и одним из конечных продуктов этого процесса является аммиак [8].

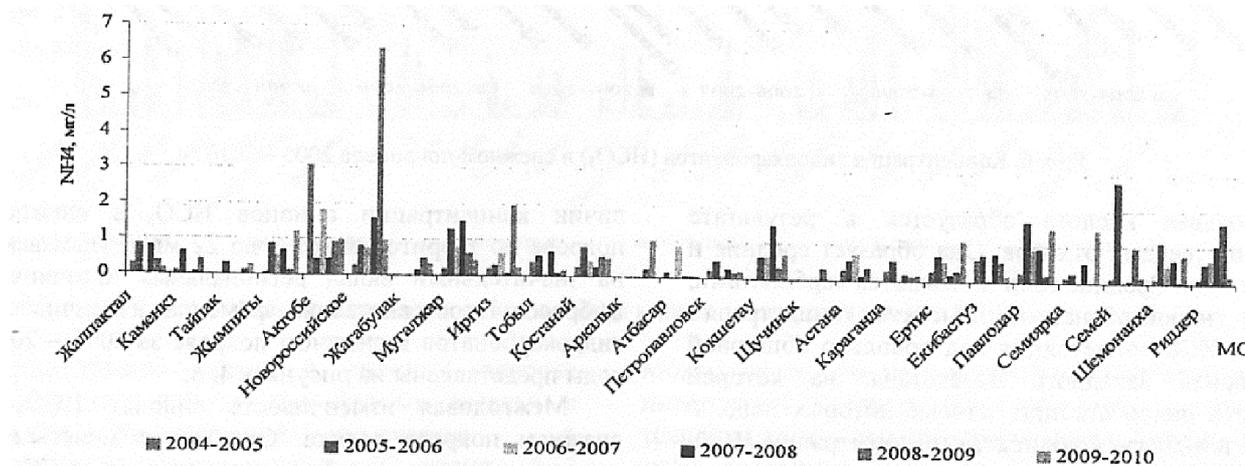


Рис. 7. Концентрации  $\text{NH}_4$  в снежном покрове за 2005 - 2010 гг.

Среднее содержание ионов аммония в осадках на исследуемой территории колеблется в пределах от 0,22 мг/л МС Караганда до 1,80 мг/л МС Новороссийское (таблица 3).

В среднегодовых значениях имеет место два максимума, это районы Ақтобе и Новороссийское (1,29 и 1,80 мг/л) на западе территории и Павлодар (0,92 мг/л) на востоке. Самые высокие концентрации  $\text{NH}_4$  имеют место в Караганде, 0,22 мг/л, а также над сельскохозяйственными северными районами Петропавловска и Атбасара, 0,24 мг/л. Зависимость концентрации  $\text{NH}_4$  в снежном покрове от количества выпавших осадков не наблюдается.

В межгодовом ходе наблюдается некоторое увеличение ионов аммония в 2005 - 2006 году и 2008-2009 годах. Наименьшие же значения равны - 0,3 мг/л в 2004 - 2005 гг. В 2008 - 2009 году концентрация аммония находилась в пределах от 0,05 мг/л (МС Атбасар) до 6,39 мг/л (МС Новороссийское). В 2009 - 2010 году содержание аммиака в осадках на всей территории было небольшим и в среднем составило 0,51 мг/л.

Из анализа следует, сделанное выше исходное предположение о том, что почва является основным источником  $\text{NH}_4$ , для рассматриваемой территории вряд ли приложимо. Самые высокие концентрации  $\text{NH}_4$  в снежном покрове имели место над промышленными районами территории Ақтобе и Павлодаром, в то время как над сельскохозяйственным севером его концентрации близки к абсолютному минимуму. Абсолютный минимум концентрации

$\text{NH}_4$  тоже наблюдается над промышленным районом - Карагандой. Очевидно, что распределение  $\text{NH}_4$  над рассматриваемой территорией определяется в первую очередь антропогенными источниками.

Катионы. Для распределения катионов натрия характерны относительно высокие его концентрации над западной частью территории, т.е. западнее Урала и Мугоджар (таблица 3). Локальный максимум концентраций имеет место в Новороссийском 5,49 мг/л, однако в Ақтобе, Каменке и др. его концентрации тоже остаются высокими, т.е. высокие концентрации Na имеют места на значительной территории.

Над востоком территории, в Павлодаре, находится основной максимум концентраций, 13,12 мг/л, который в 2,5 раза превышает локальный максимум над западом территории. Однако, в отличии от запада с удалением от Павлодара концентрации Na резко снижаются. Имеется несколько локальных максимумов над Карагандой (2,16 мг/л), Кокшетау (3,2 мг/л). В общем же по северу и востоку рассматриваемой территории концентрации Na не превышают 2 мг/л.

На следующей гистограмме представлена пространственно-временная динамика основного катиона Na (рис. 8).

Как можно видеть из гистограммы, на всей рассматриваемой территории отмечалось увеличение концентраций катионов натрия в 2008-2009 и 2009-2010 гг. Наибольшие его значения концентраций во все исследуемые годы наблюдается на МС Павлодар (6,94 - 23,07 мг/л). Наименьшие значения отмечаются в северных и центральных районах и на Алтае.

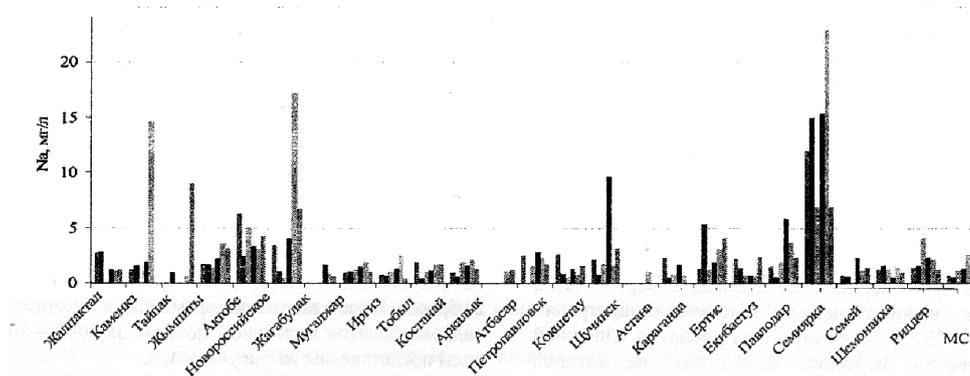


Рис. 8. Концентрации катионов натрия (Na) в снежном покрове за 2005 - 2010 гг.

Калий по физическим и химическим свойствам близок к натрию, но более активен. Средние значения концентраций калия по территории изменяются от 0,33 мг/л в Жагабулаке до 3,16 мг/л в Павлодаре (таблица 3).

Над западной частью территории концентрации катионов калия (как и натрия) повышены и эта

область занимает довольно обширную территорию. Локальный максимум здесь имеет место в районе станции Новороссийское, 1,85 мг/л. Над восточной частью территории в Павлодаре наблюдается основной максимум, 3,16 мг/л. На прилегающей территории, однако, а также над северными районами и на Алтае концентрации ионов калия ниже 1 мг/л.

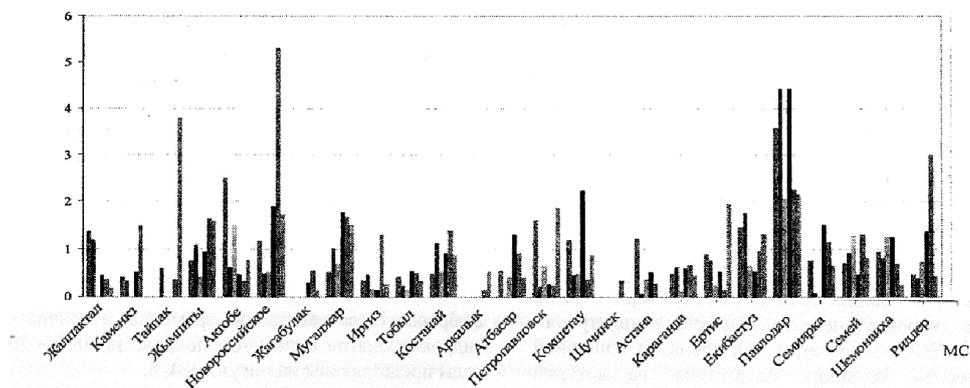


Рис. 9 Концентрации калия (K) в снежном покрове за 2005 - 2010 гг.

Межгодовая изменчивость концентраций катионов калия по сравнению с другими ионами невелика (рис. 7, 8 и 9). Максимальные концентрации калия наблюдались на МС Павлодар в 2005 - 2006 и 2007-2008 гг. - 4,43 мг/л, минимальные на МС Семейка в 2005 - 2006 годы 0,08 мг/л (рис.9).

В пространственном распределении катионов магния в снежном покрове имеют место те же особенности, что и в распределении катионов натрия и калия: Над западной частью имеет место обширная область высоких концентраций, а над восточной - только локальные области высоких концентраций. Основные максимумы концентраций катионов натрия и калия были все же на востоке (Павлодар), а в пространственном распределении катионов магния и основной максимум находится на западе. Это

станция Тайпак, 2,96 мг/л. В Ақтобе концентрации близки, 2,64 мг/л.

На восточной части территории основной локальный максимум имеет место в Семипалатинске, 2,69 мг/л, но средние концентрации катионов магния в Павлодаре 2,54 мг/л, в Караганде 2,15 мг/л, т.е. в разных точках величина локальных максимумов близки. В то же время над севером территории и на Алтае средние концентрации катионов магния близки и ниже 1 мг/л (таблица 3).

Межгодовая изменчивость концентраций катионов магния по большей части территории значительнее, чем калия и натрия (рис. 10). В областях максимумов она из года в год высокая, а в областях минимумов - низкая. Исключение составляет несколько станций. Это Тайпак и Новороссийское на западе и Караганда, Семей и Шемонайха на востоке.



тории рН понижаются а участке от Актобе до Щучинска и Кокшетау (до 5,5), а затем растет до 6,4 на станции Семей. Для восточной части территории характерна большая пространственная изменчивость рН, что является следствием антропогенного влияния.

• Существенное, в 2-3 раза, превышение концентраций микроэлементов в снежном покрове к концу зимы по сравнению с их концентрациями в осадках в виде снега может служить подтверждением большой роли сухих осадений на снежный покров в промежутках между осадками.

**Список использованных источников:**

1. Василенко, В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В.Н. Василенко, И.М. Наумов, Ш.Д. Фридман. — Л.: Гидрометеоздат, 1985. — 181 с.
2. Kaasik, M. Elemental and base anions deposition in the snow cover of north-eastern Estonia // Water, Air, and Soil Pollution. 2000. - Vol. 121. -P. 349-366.
3. Walker T.R. Anthropogenic metal enrichment of snow and soil in northeastern European Russia. // Environmental Pollution. 2003. -Vol.121.-P. 11-21.
4. Кондратьев, И.И. Роль орографических и климатических факторов в формировании химического состава снежного покрова Сихоте-Алинского биосферного региона. // География и природные ресурсы. - 2004. - № 1,- С. 112-117.
5. Панин М.С. Исследование загрязнения снегового покрова как депонируемой среды // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде». - Семипалатинск, 2012. - Т.2. - С. 217-224.
6. РД 52.04.186-89. // Руководство по контролю загрязнения атмосферы.- М.:, 1991. - 693 с.
7. Чередниченко В.С., Мадибеков А.С. Сравнительный анализ концентраций загрязняющих веществ в атмосферных осадках и в снежном покрове // Научный журнал Вестник КРСУ. Серия географическая. - Бишкек, 2011-С. 54-60.
8. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. - М.: Недра, Кн. 5. - 1996. -575 с.

**Рецензент: к.г.н., доцент Мадибеков А.С.**