

УДК 551.42

А.Р. Жумалипов

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

**О содержании тяжелых металлов в снежном покрове Северного Казахстана**

**Аннотация.** Приводятся результаты исследования загрязнения тяжелыми металлами снежного покрова на территории Северного Казахстана. Были использованы данные 25 метеорологических станций севернее 48 параллели. Исследована динамика основных характеристик снежного покрова, определен химический состав и дана оценка загрязненности снежного покрова по территории за период 2005-2010 гг.

**Ключевые слова:** снежный покров, тяжелые металлы, химический состав, загрязняющие вещества.

Снежный покров (СП) играет огромную, подчас исключительную роль, во многих природных процессах. Химический состав СП определяет направленность процессов почвообразования, способствует удобрению почв питательными веществами, оказывает влияние на формирование химического состава природных вод, ледников, снежников, снежных лавин, способствует формированию водно-снеговых льдов, предотвращает глубокое промерзание почв и грунтов, влияет на болотообразовательные процессы, карст, на разные стороны хозяйственной деятельности человека, на состояние различных коммуникаций и сооружений.

Исследование химического состава СП необходимо для решения региональных природоохранных задач, в частности, для количественного определения поступления взвешенных, растворимых минеральных и органических веществ в СП в результате взаимодействия системы атмосфера – СП – природные воды – человек и оценки загрязнения приземного слоя атмосферы – самого мощного постоянно действующего фактора загрязнения окружающей среды, оказывающего сильное негативное воздействие не только на человека, биоценозы, трофическую цепь, но и на важнейшие природные среды. Изучение загрязнения воздушного бассейна территории – наиболее актуальная задача охраны окружающей сре-

ды, использующая комплексные данные. Оценка загрязнения приземной атмосферы крупных промышленно-урбанизированных территорий очень сложна в техническом и методическом отношении.

Чутким и надежным индикатором загрязнения воздушного бассейна является, в частности, СП, который отражает основные тенденции распределения загрязняющих веществ в атмосфере. В СП фиксируются загрязняющие вещества, которые не улавливаются наземными наблюдениями или расчетными данными по выбросам в атмосферу. Изучение химического состава СП позволяет прогнозировать и появление кислотных атмосферных осадков. Результаты исследований по химическому составу атмосферных и снеговых осадков дают представление о переносе вредных примесей на значительное расстояние, в том числе с сопредельных территорий. Требования к экологическим параметрам окружающей природной среды предусматривают многообразие видов наблюдений за состоянием загрязнения ее отдельных объектов.

В качестве объекта исследования была выбрана территория Северного Казахстана выше 48 параллели, поскольку здесь можно проследить не только влияние климатических факторов, но и воздействие районов с неблагоприятной экологической обстановкой на состав атмосферных

выпадения, а также оценить роль трансграничного переноса ЗВ. При выполнении данного исследования были использованы пробы снега, отобранные на метеорологической сети Казгидромета, выполненные в соответствии с единой методикой отбора проб. Химический анализ выполнен в аттестованной химлаборатории Казгидромета в г. Алматы тоже в соответствии с существующими требованиями и стандартами, принятыми в метеорологии. Следовательно наши результаты анализа можно сравнить с результатами, полученными для смежных территорий.

В данной работе исследована динамика основных характеристик снежного покрова, определен химический состав атмосферных осадков и дана оценка загрязненности снежного покрова микроэлементами по территории Северного Казахстана за период 2005–2010 гг.

Для территории Северного Казахстана большой интерес вызывает изучение поведения и распространения тяжелых металлов во всех средах, включая мониторинг снежного покрова. Основными промышленными источниками загрязнения природной среды тяжелыми металлами на территории Северного Казахстана являются предприятия черной и цветной металлургии, тепловые электростанции и котельные, нефтеперерабатывающие предприятия, добывающие предприятия, автотранспорт и др.

Среднегодовое распределение количества атмосферных осадков за период залегания

снежного покрова на территории Северного Казахстана представлено на рисунке 1. Среднее количество годовых сумм осадков изменяется в основном от 30 мм/год и менее до 135 мм/год и более. На рассматриваемой территории среднегодовое количество осадков примерно равно на всех станциях (рис. 1).

Максимум осадков до 135 мм имеет место на МС Риддер, что обусловлено влиянием горных массивов. На западной части территории среднее количество осадков снижается. На этих станциях оно составляет около 30–60 мм/год (Жалпактал, Жымпиты).

В зависимости от степени антропогенного влияния содержание микроэлементов в снежном покрове меняется в достаточно широком диапазоне. Для территории Северного Казахстана большой интерес вызывает изучение поведения и распространения тяжелых металлов во всех средах, особенно на основе мониторинга снежного покрова. Металлы содержатся в большинстве видов промышленных, энергетических и автотранспортных выбросов в атмосферу и являются индикаторами техногенного воздействия этих выбросов на окружающую среду.

На рисунке 2 представлены концентрации свинца в снежном покрове по станциям региона. Можно отметить, что наибольшие накопления свинца отмечены в районе г. Астана – 5,1 мкг/л, а минимальные – на МС Щучинск – 0,0 мкг/л, Аркалык – 0,7 мкг/л.

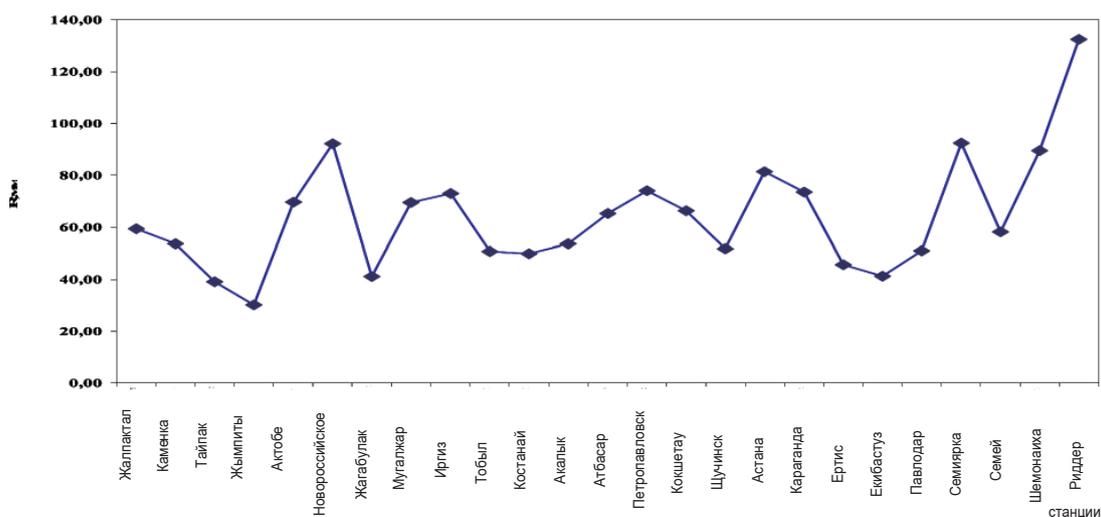
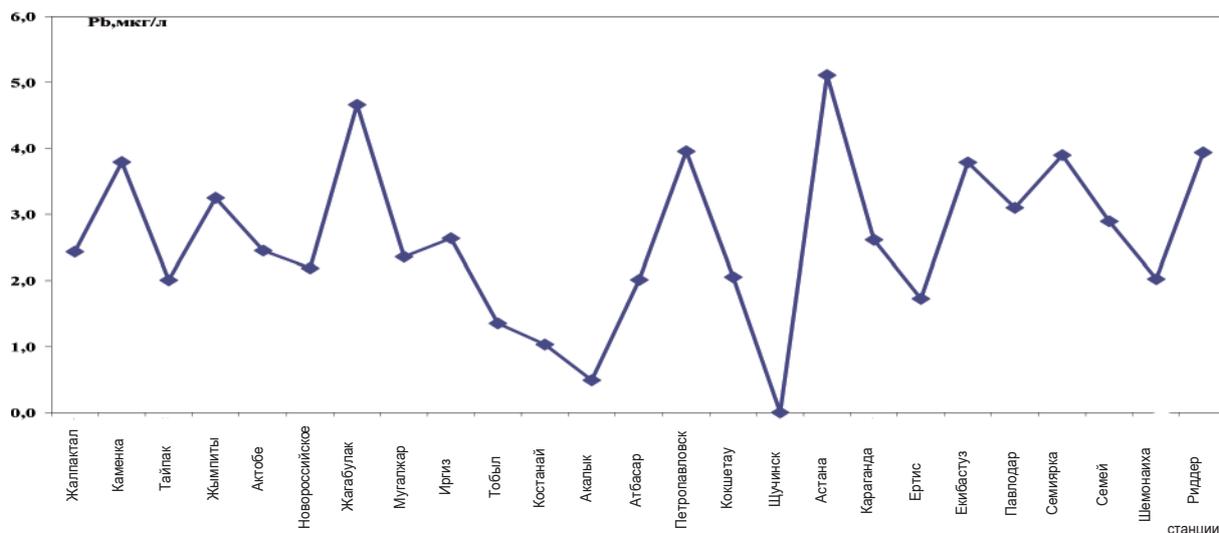


Рисунок 1 – Среднегодовое распределение количества атмосферных осадков за период залегания СП на территории Северного Казахстана за 2005-2010-е годы



**Рисунок 2** – Среднегодовое распределение концентрации свинца (Pb) в снежном покрове на территории Северного Казахстана за 2005 по 2010-е годы

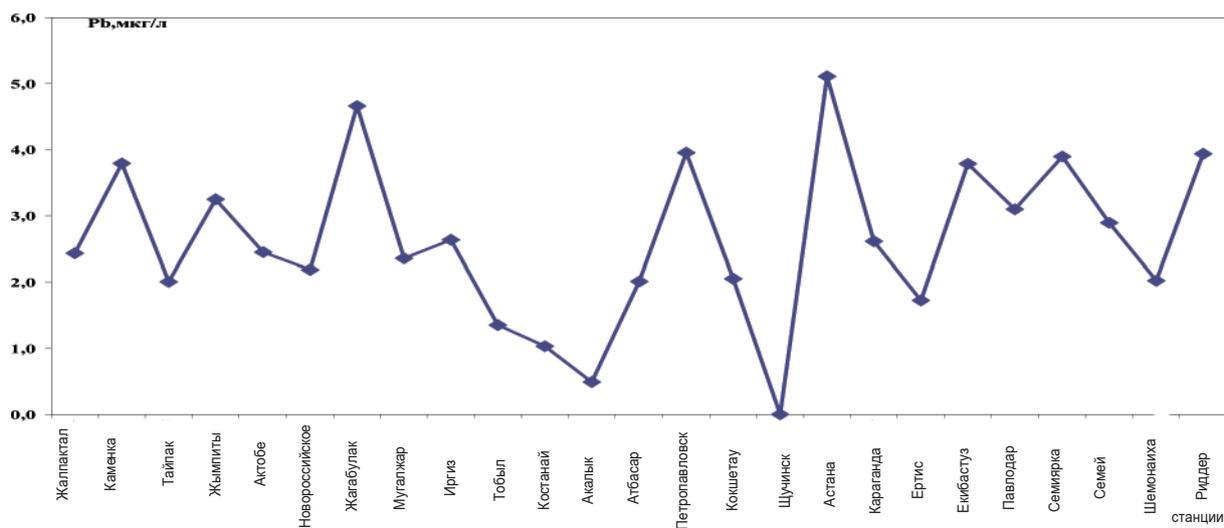
Из рисунка 2 видно также, что на территории Северного Казахстана концентрации свинца в СП не превышают ПДК.

Концентрации свинца в осадках в среднем невелики (рис. 2). Они понижаются при смещении к востоку от западных районов до Аркалыка, затем снова растут на участке от Щучинска до Семипалатинска и Риддера. Максимальные его концентрации имеют место над Актюбинским промышленным районом (район Хромтау) и

над Астаной. Над Астаной отмечается основной максимум (5 мкг/л).

Наряду со свинцом в атмосферу выбрасываются без очистки диоксид серы и пыль, содержащие тяжелые металлы – медь, свинец, мышьяк и др.

В выбросах твердых веществ медь содержится в основном в виде соединений, преимущественно оксида меди. На рисунке 3 представлено распределение меди по территории Северного Казахстана.



**Рисунок 3** – Среднегодовое распределение концентрации меди (Cu) в снежном покрове на территории Северного Казахстана за период с 2005 по 2010-е годы

В целом в снежном покрове среднесуточные концентрации меди колебались от 2,8 мкг/л (МС Аркалык) до 27,0 мкг/л (МС Павлодар). Высокое содержание меди в снежном покрове наблюдается на МС Астана (25,0 мкг/л), Актобе (23,3 мкг/л), Семей (20,9 мкг/л), Риддер (20,3 мкг/л). Над большей частью рассматриваемой нами территории наблюдаются повышенные концентрации меди. Минимальные же концентрации меди отмечены на МС Аркалык (2,8 мкг/л), Щучинск (3,9 мкг/л).

Одним из наиболее токсичных металлов является кадмий, довольно широко применяющийся для изготовления красителей (пигментов) и в качестве стабилизатора при производстве пластмасс (в частности полихлорвинила), Кадмий содержится в выбросах предприятий металлургии, ряда химических предприятий (производство серной кислоты), свинцово-цинковых заводов и т.д.

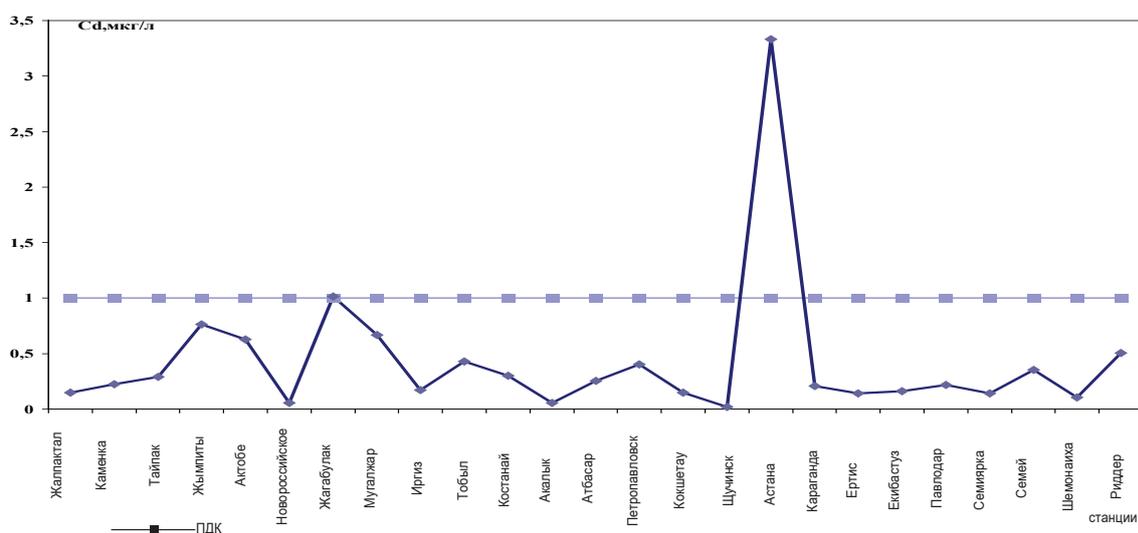
На представленном рисунке 4, видно, что области наиболее высоких концентраций кадмия расположены локально над районам г. Астаны, где ПДК превышен в 3 раза, а также на станции Жагабулак, где концентрации кадмия близки к 1 ПДК. В тоже время средние многолетние накопления кадмия в снежном покрове Северного Казахстана на большей его части ниже нормы.

В среднем по территории Северного Казахстана концентрации кадмия колеблются от 0,1 до 3,3 мкг/л.

Мышьяк (рис. 4) относится ко второму классу опасности, т.е. это высокоопасное вещество, ПДК равно 50 мкг/л [4]. Основными источниками мышьяка в природную среду являются продукты сгорания нефти, отходы горно-обогатительных и металлургических предприятий, а также применяемые в быту моющие средства. Некоторое количество мышьяка поступает из почв, а также в результате разложения растительных и животных организмов. В природных водах соединения мышьяка находятся в растворенном и взвешенном состоянии, соотношение между которыми определяется химическим составом воды и значениями pH.

Основные антропогенные источники (As) связаны с промышленной деятельностью. Это обработка металлов, химические заводы по переработке минералов серы и фосфора, сжигание угля, геотермальные электростанции, и с использованием мышьякосодержащих пестицидов, особенно в фруктовых садах.

Осредненные пятилетние значения мышьяка в снежном покрове по территории Северного Казахстана предоставлены на рисунке 5.



**Рисунок 4** – Среднесуточное распределение концентрации кадмия (Cd) в снежном покрове на территории Северного Казахстана за период с 2005 по 2010-е годы

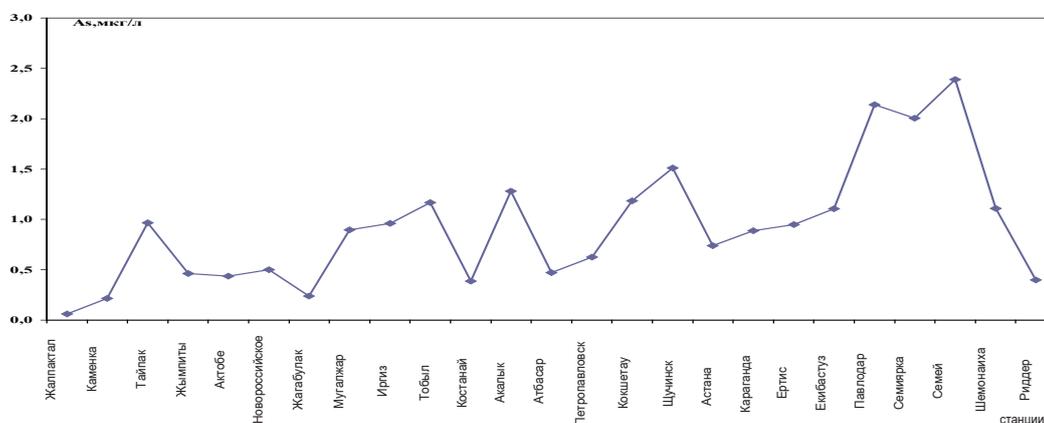
Из рисунка 5 видно, что, в среднем на рассматриваемой территории содержание мышьяка

в СП значительно ниже ПДК.

Самое высокое содержание мышьяка в снеж-

ном покрове наблюдается в восточной части рассматриваемой территории Павлодар, Семей, где его величины колеблются от

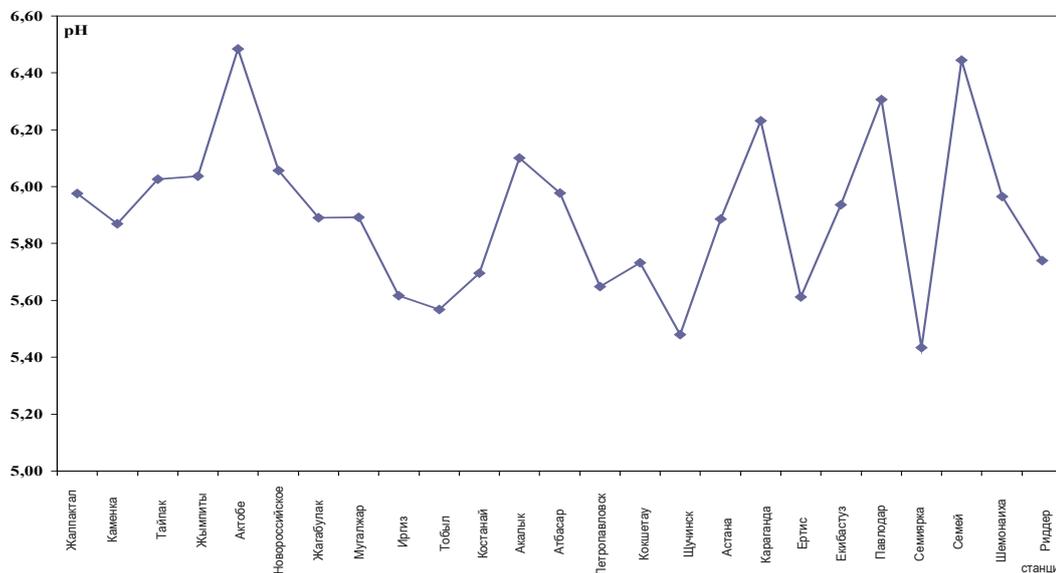
2,0 мкг/л до 2,4 мкг/л. Минимальные значения мышьяка наблюдались на МС Жалпактал – 0,1 мкг/л и Жагабулак – 0,2 мкг/л.



**Рисунок 5** – Среднегодовое распределение концентрации мышьяка (As) в снежном покрове на территории Северного Казахстана за период с 2005 по 2010-е годы

Кислотность осадков определяется концентрацией иона водорода  $H^+$ . Дождевая и облачная вода имеют в основном слабокислую реакцию,

их  $pH < 7$ . В воде облаков и осадков перемешаны сильные и слабые кислоты, частично их нейтрализуют щелочи (рис. 6).



**Рисунок 6** – Среднегодовое значение рН в снежном покрове на территории Южного Казахстана за 2005-2010-е годы

Значение рН также возрастает при попадании в осадки почвенной пыли в районах со щелочными почвами. Ионы водорода поступают в

раствор за счет диссоциации кислот в растворе. Сильные кислоты, например, азотная, диссоциируют почти полностью. Для слабых кислот

(угольная) степень диссоциации тем больше, чем больше их концентрация. Одним из естественных источников поступления ионов водорода в раствор является диссоциация молекул воды. Причиной диссоциации является то, что молекулы воды поляризованы (на атоме кислорода находится частичный отрицательный заряд, на атомах водорода – частичный положительный), поэтому они оттягивают к себе ту часть другой молекулы, что имеет противоположный заряд.

С промышленными выбросами в атмосферу поступают вещества, приводящие к образованию сильных кислот – соляной, серной, азотной, фтористоводородной. Поступление в атмосферу хлористого и фтористого водорода локализовано в районах со специфическими производствами, например выпуском алюминия. Вещества, содержащие оксиды серы и азота, присутствуют в выбросах многих отраслей промышленности.

Выпадение кислотных дождей вызывает закисление природной среды, следствием чего является:

- вымывание тяжелых металлов из почв, что повышает их мобильность в почвенном растворе и, следовательно, их доступность для живых организмов;
- изменение соотношения в почве кальция и алюминия в сторону уменьшения кальция, что приводит к задержкам роста корневой системы;
- усиление коррозии различных материалов и конструкций – машин, зданий, в том числе уникальных памятников старины.

Кислотность облачной среды и выпадающих осадков в основном определяется процессами окисления соединений серы и азота, а также преобразованием органических соединений и фотохимическими процессами. В течение года также происходят изменения химического состава и кислотности осадков.

Результаты определения среднесуточных значений рН отобранных проб в снежном покрове приведены на рисунке 6. Кислотность проб в снежном покрове за 2005–2010-е годы в основном имеет характер нейтральной и слабощелочной среды. В целом по территории Северного Казахстана среднесуточные показатели рН составляют 6,0 и относятся к слабощелочному типу.

Из графика на рисунке 6 видно, в западной части Казахстана самые высокие величины рН имеют место над Актюбинском (6,49), ближе к

центральной части рН понижается до 6,12 (Аркалык). Далее к востоку они снова растут, достигая величины 6,20–6,40 (Павлодар). Величины рН значительны над промышленными центрами Караганда, Павлодар и Шемонаиха.

Минимальная величина рН наблюдается над северо-западом Кустанайской области и в районе Кокчетавской возвышенности (Щучинск 5,42).

В качестве выводов можно отметить следующее:

1. Наибольшие накопления свинца отмечены в районе г. Астана в 5,1 мкг/л, а минимальные на МС Щучинск – 0,0 мкг/л, Аркалык – 0,7 мкг/л. Территория Северного Казахстана по содержанию свинца в СП не превышает ПДК.

2. В целом в снежном покрове среднесуточные концентрации меди колебались от 2,8 мкг/л (МС Аркалык) до 27,0 мкг/л (МС Павлодар). Высокое содержание меди в снежном покрове наблюдается МС Астана (25,0 мкг/л), Актобе (23,3 мкг/л), Семей (20,9 мкг/л), Риддер (20,3 мкг/л).

3. Наиболее высокие концентрации кадмия расположены локально над районом г. Астаны. Они превышают ПДК в 3 раза. Также высокие концентрации кадмия имеют место в Западном Казахстане, на станциях Жагабулак и др., т.е. в районе Актюбинского промышленного района. Средние среднесуточные накопления кадмия в снежном покрове Северного Казахстана на большей части территории Северного Казахстана ниже нормы.

4. В среднем на рассматриваемой территории содержание мышьяка в СП значительно ниже ПДК. Самое высокое содержание мышьяка в снежном покрове наблюдается в восточной части рассматриваемой территории, т.е. Павлодар, Семей, где имеют место величины от 2,0 мкг/л до 2,4 мкг/л. Минимальные значения мышьяка наблюдались на МС Жалпактал – 0,1 мкг/л и Жагабулак – 0,2 мкг/л.

5. Кислотность проб в снежном покрове за 2005–2010-е годы в основном имеет характер нейтральной и слабощелочной среды. Среднесуточные значения величины рН осадков изменялись от 5,43 на МС Семей до 6,49 – МС Актобе. В целом по территории Северного Казахстана среднесуточные показатели рН близки к 6,0 и относятся к слабощелочному типу.

**Литература**

1 Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 123 с.

2 Ревич Б.А., Сагит Ю.Е., Смирнова Р.С., Со рокина Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории го-

родов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 78 с.

3 Буштуева К.А., Парцеф Д.П., Беккер А.А., Ревич Б.А. Выбор зон наблюдений в крупных промышленных городах для выявления влияния атмосферных загрязнений на здоровье населения // Гигиена и Санитария. – М., 1964. – № 1. – С. 4-6.

4 Глинка Н.Л. Общая химия. – Л.: Химия, 1987. – 718 с.

**А.Р. Жумалипов**

**Солтүстік Қазақстан территориясындағы қар жамылғысының ластануын бағалау**

Солтүстіктің Қазақстан территориясындағы қар жамылғысындағы ауыр металдармен ластану дәрежесі туралы зерттеулердің нәтижелері келтірілген. 48 параллельден солтүстіктің орналасқан 25 метеорологиялық стансаның мәліметтері қолданылған. Есептеулерде 2005-2009 жылдар аралығында орташаланған мәліметтер алынған.

**A.R. Zhymalipov**

**Pollution by heavy metals assessment of snow cover in north Kazakhstan**

The results of research of heavy metal pollution of snow cover in north Kazakhstan. Used data from 25 meteorological stations. At calculations averaged over a five year period from 2005 to 2009 years.