

УДК 551.42

А.С. Мадибеков

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

Оценка загрязненности тяжелыми металлами снежного покрова на территории Южного Казахстана

Аннотация. Приводятся результаты исследования загрязнения тяжелыми металлами снежного покрова на территории Южного Казахстана. Были использованы данные 15 метеорологических станций южнее 48 параллели. При расчетах учитывались осредненные за пятилетний период с 2005 по 2009 годы данные.

Ключевые слова: снежный покров, тяжелые металлы, загрязнение.

Снежный покров играет огромную роль во многих природных процессах. Он является эффективным накопителем аэрозольных загрязняющих веществ (ЗВ), выпадающих из атмосферного воздуха. В снежном покрове могут наблюдаться загрязняющие вещества, которые не улавливаются наземными наблюдениями и расчетными данными по выбросам в атмосферу. Именно качество снежного покрова ярко демонстрирует влияние различных источников загрязнения атмосферного воздуха на поверхности земли [1].

Анализ качества снежного покрова позволяет проследить пространственное распределение загрязняющих веществ по территории Южного Казахстана и получить достоверную картину зон влияния конкретных промышленных предприятий и других объектов на состояние окружающей среды. Результаты исследований по химическому составу снежного покрова могут дать представление о переносе вредных примесей на значительные расстояния.

В качестве самостоятельной территории исследования была выбрана территория Южного Казахстана южнее 48 параллели.

В данной работе использованы результаты лабораторных исследований отдела химико-аналитической лаборатории центра гидрометеоро-

логического мониторинга г. Алматы. Исследована динамика основных характеристик снежного покрова, определен химический состав атмосферных осадков и дана оценка загрязненности снежного покрова по территории Южного Казахстана за период 2005–2009 гг.

Для территории Южного 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 Южного Казахстана являются предприятия черной и цветной металлургии, топливные электростанции и котельные, добывающие и нефтеперерабатывающие предприятия, автотранспорт и др.

Среднегодовое распределение количества атмосферных осадков за период залегания снежного покрова на территории Южного Казахстана представлено на рисунке 1. Анализ данных метеорологических станций осуществлялся нами по возможности с запада на восток, т.е. с увеличением долготы, так как это соответствует основному направлению переноса воздушных масс. Так, среднее количество годовых сумм осадков изменяется в основном от 6 мм/год и менее до 267 мм/год и более.

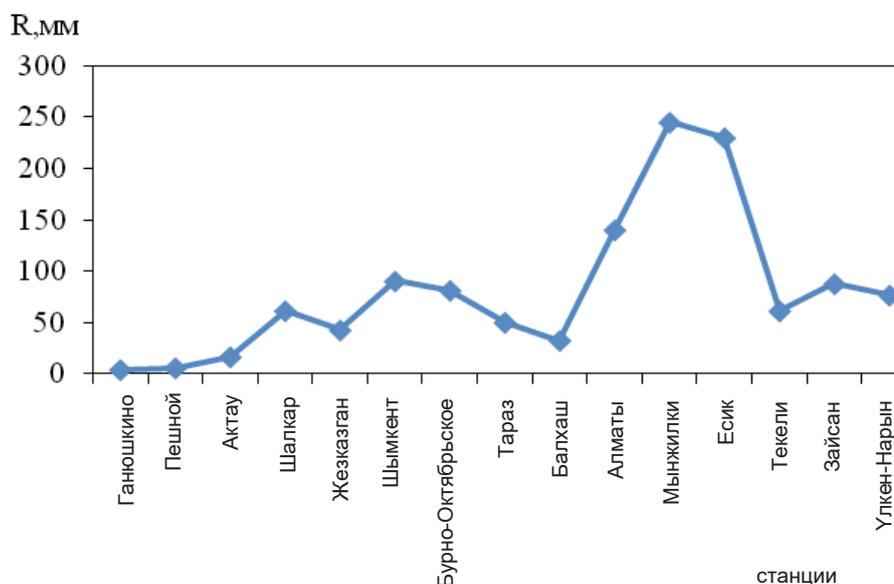


Рисунок 1 – Среднемноголетнее распределение количества атмосферных осадков за период залегания на территории Южного Казахстана за 2005–2009 годы

Анализ данных метеорологических станций осуществлялся нами по возможности с запада на восток, т.е. с увеличением долготы, так как это соответствует основному направлению переноса воздушных масс. Так, среднее количество годовых сумм осадков изменяется в основном от 6 мм/год и менее до 267 мм/год, и более.

Из рисунка 1 видно, что над западом территории от Каспия до долготы Жезказгана среднегодовое количество осадков примерно равное на всех станциях, и в общем не превышает 61 мм за период залегания. В районе МС Шымкент – Бурно-Октябрьское имеет место максимум осадков до 90 мм, что обусловлено влиянием горных массивов, расположенных южнее. От Шымкента к Балкашу годовое количество осадков понижается. На этих станциях оно составляет около 50 мм/год и менее. Ближе к горам среднегодовое количество атмосферных осадков за период залегания достигает максимальной отметки 245 мм на (МС Мынжилки). Обусловлено это расположением данной станции на высоте более 3017 м над уровнем моря, где количество выпавших атмосферных осадков достигает максимальных значений и период залегания в некоторые годы равен 190 дней в году (2008–2009 гг). В районе Алматы – Мынжил-

ки имеет место максимум осадков в среднем за период залегания от 140 мм (на МС Алматы агро) до 245 мм (на МС Мынжилки). Так же и на других предгорных станциях у северных склонов Илейского Алатау, количество осадков за период залегания достаточно велико, при довольно высокой межгодовой изменчивости. Оно снижается до 77 мм/год на (МС Улкен Нарын). Количество выпавших осадков увеличивается с запада на восток, что естественно. Период залегания атмосферных осадков различен в зависимости от орографии и местных условий он изменяется от 1 дня на МС Пешной до 190 дней на МС Мынжилки.

Содержание микроэлементов в снеге колеблется в очень широком диапазоне главным образом в зависимости от степени антропогенного влияния. Для территории Южного 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. Распределение металлов в различных компонентах окружаю-

щей среды фиксируют источники загрязнения и зоны их воздействия [2].

Оценка содержания металлов в атмосфере воздуха проводится по среднесуточным концентрациям. Из-за трудоемкости отбора проб воздуха и сложности их анализа на широкий спектр химических элементов в городах, как правило, металлы в атмосферном воздухе не контролируются. Кроме того, в условиях круп-

ных городов со сложной промышленно-сели-тебной застройкой ограниченное число стационарных постов не позволяет получить достоверную информацию о пространственном распределении загрязняющих веществ на всей территории [3].

На рисунке 2 представлено среднесуточное распределение свинца в снежном покрове Южного Казахстана.

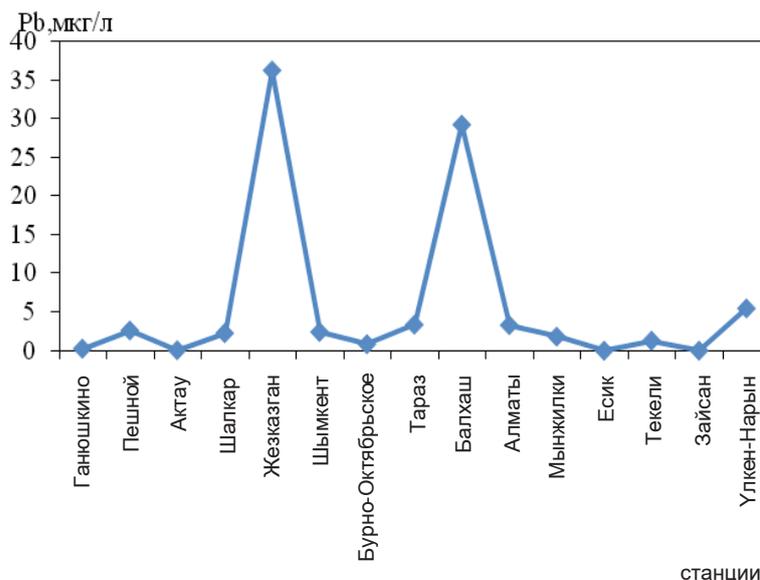


Рисунок 2 – Среднесуточное распределение концентрации свинца (Pb) в снежном покрове на территории Южного Казахстана за 2005–2009 гг.

Наибольшие накопления свинца в снежном покрове выявлены на МС Жезказган в 36,3 мкг/л (в 2009 году – 53,4 мкг/л) и на МС Балхаш 29,2 мкг/л (в 2006–2007 годы 57,5 мкг/л), а минимальные на МС Зайсан – 0,0 мкг/л, Бурно-Октябрьское – 0,85 мкг/л, Актау-0,07 мкг/л.

Можно видеть, что максимумы концентрации свинца в снеге наблюдаются над районами интенсивной добычи полиметаллических руд и их переработки. При этом в атмосферу поступает большое количество пыли из районов рудников. Кроме того, образующиеся при плавлении технологические газы выбрасываются в атмосферу без очистки от диоксида серы и пыли, содержащей тяжелые металлы – медь, свинец, мышьяк и др.

Из рисунка 2 видно также, что очаг загрязнения свинцом носит достаточно локальный характер над Жезказганом и Балкашом.

Медь поступает в воздух с выбросами рудников металлургических производств. В выбросах твердых веществ она содержится в основном в виде соединений, преимущественно оксида меди.

В целом в снежном покрове на территории Южного Казахстана среднесуточные концентрации меди колебались от 0,18 мкг/л (МС Есик) до 28,13 мкг/л (МС Жезказган) (рис. 3). Наблюдается повышенное содержание меди в снежном покрове МС Шымкент (24,66 мкг/л), Улкен Нарын (15,70 мкг/л), Балхаш (23,25 мкг/л). Необходимо отметить, что данный период характеризуется высокими концентрациями меди и в среднем за год они составляют 41,99 мкг/л.

По нашим предположениям, такие высокие концентрации меди обусловлены переносом и различием условий выпадения и накопления в снежном покрове.

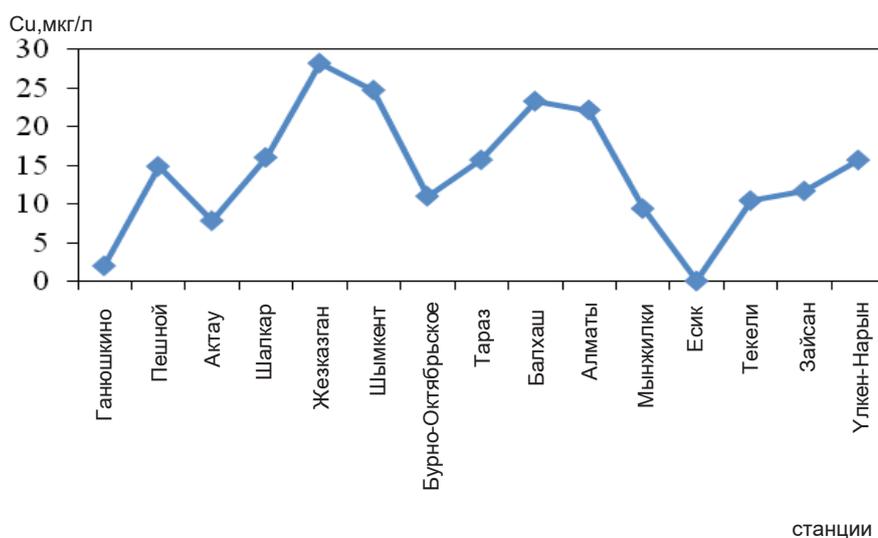


Рисунок 3 – Среднемноголетнее распределение концентрации меди (Cu) в снежном покрове на территории Южного Казахстана за период с 2005–2009 годы

Повышенные концентрации меди не носят такого локального характера, как свинец. Над большей частью рассматриваемой нами территории она повышенная. На этом фоне выделяются максимумы над Жезказганом – Шымкентом и Балкашом – Алматы. Такие различия, возможно, объясняются тем, что медь поступает в атмосферу не только от металлургических комбинатов, но и также с рудников, разбросанных по большой территории, в отличие от свинца медь дольше держится в атмосфере. Повышенное содержание меди в городах Жезказган, Балхаш, Шымкент формируется под непосредственным антропогенным влиянием близлежащих промышленных центров, таких, как АО Казахмыс, ПО Жезказганцветмет (г. Жезказган), ПК «Южполиметалл», предприятие по производству свинца и его производных (Шымкент), ПО «Балкашцветмет», Балкашский горно-металлургический комбинат (БГМК).

Высокие концентрации меди в Текели связаны с тем, что там находится горнодобывающее предприятие Текелийского горно-обогатительного комбината «ОАО «Казцинк». На востоке ТО «Востокцветмет», медно-химический комбинат в Шемонаихинском районе. Минимальные же концентрации меди отмечены на МС Есик (0,18 мкг/л), Ганюшкино (2,13 мкг/л).

Благодаря своим физическим и химическим свойствам, кадмий нашел очень широкое приме-

нение в технике и промышленности (особенно, начиная с 50-х годов XX века). Основные сферы его использования: для антикоррозионного покрытия (т.н. кадмирования) черных металлов, особенно в тех случаях, когда имеется их контакт с морской водой, а также для производства никель-кадмиевых электрических аккумуляторов. Кадмий используется в стержнях-замедлителях атомных реакторов, некоторые соединения кадмия обладают полупроводниковыми свойствами и т.д. Довольно долго кадмий применялся для изготовления красителей (пигментов) и в качестве стабилизатора при производстве пластмасс (в частности полихлорвинила), однако в настоящее время, в силу его токсичности, в этих целях он практически не используется. Кадмий содержится в выбросах предприятий металлургии, ряда химических предприятий (производство серной кислоты), свинцово-цинковых заводов и т.д.

Как видно из рисунка 4, области высоких концентраций кадмия расположены локально над Жезказганом и Балкашом, т.е. аналогично концентрациям свинца. Средние многолетние накопления кадмия в снежном покрове Южного Казахстана превышают предельно допустимые концентрации (ПДК) на МС Балкаш (5,31 мкг/л ПДК), Жезказган (5,32 мкг/л ПДК), повышено накопление кадмия на МС Пешной (0,58 мкг/л) и на МС Шымкент в (0,74 мкг/л). На остальной территории накопление кадмия ниже нормы.

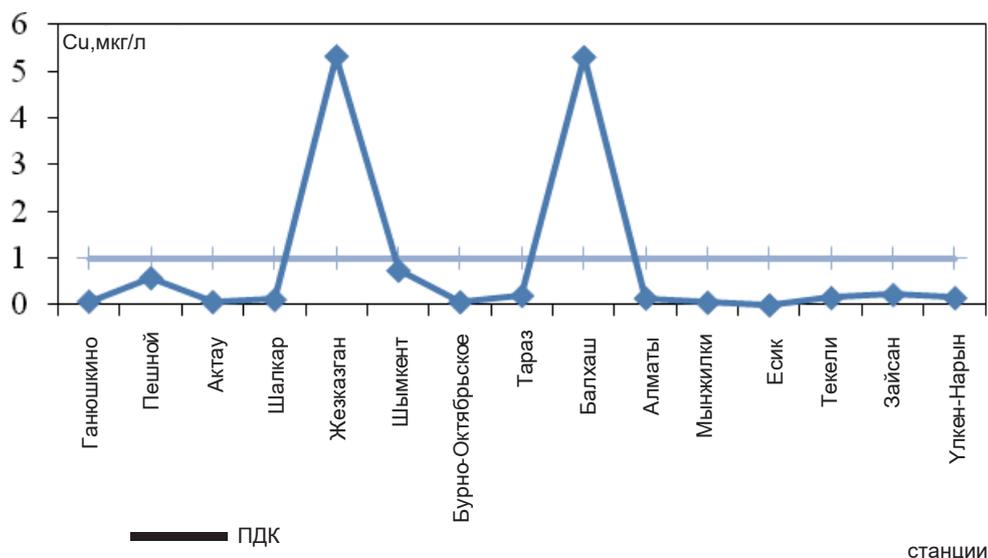


Рисунок 4 – Среднегодовое распределение концентрации кадмия (Cd) в снежном покрове на территории Южного Казахстана за период с 2005–2009 годы

В среднем по территории Южного Казахстана концентрация кадмия составила 0,88 мкг/л, что очень близко к ПДК, (ПДК Cd-1). Это обусловлено региональным загрязнением, расположением в непосредственной близости крупных комбинатов, вследствие деятельности которых наблюдаются концентрации, превышающие ПДК в несколько раз. Данная тенденция характерна для промышленных городов, какими и являются Балхаш и Жезказган. В результате глобального загрязнения окружающей среды этим элементом уровни его содержания в верхних горизонтах почв, вероятно, повышены, поэтому значения, сообщаемые как фоновые можно также рассматривать как данные о загрязнении почв.

Основные антропогенные источники (As) связаны с промышленной деятельностью (обработка металлов, химические заводы по переработке минералов серы и фосфора, сжигание угля, геотермальные электростанции) и с использованием мышьяк содержащих пестицидов, особенно в фруктовых садах. Существенными источниками поступления мышьяка в окружающую среду являются также отходы горно-обогатительных и металлургических предприятий, моющие средства и сжигание нефти. Подвижность мышьяка в почве прямо пропорциональна уровню его поступления и обратно пропорциональна времени и содержанию железа и алюми-

ния. Токсичность этого элемента определяется содержанием в почвах его растворимых форм. Мышьяк в воздух поступает из минеральных источников, районов мышьяковистого оруднения (мышьяковый колчедан, реальгар, аурипигмент), а также из зон окисления пород полиметаллического, медно-кобальтового и вольфрамового типов, а также при сжигании угля. 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. В растворенной форме мышьяк встречается в трех- и пентавалентной форме, главным образом в виде анионов. Мышьяк относится ко 2 второму классу опасности, т.е. это высоко опасные вещества, ПДК равно 50 мкг/л [4].

Среднегодовое значение мышьяка в снежном покрове на территории Южного Казахстана мышьяком представлено на рисунке 5.

Как видно из рисунка 5 можно видеть, что, несмотря на возможность поступления мышьяка из почв и горных пород, основное его поступление – это выбросы предприятий по переработке полиметаллических руд в Жезказгане, Балхаше, а также в районах Казахского Алтая и Шымкента.

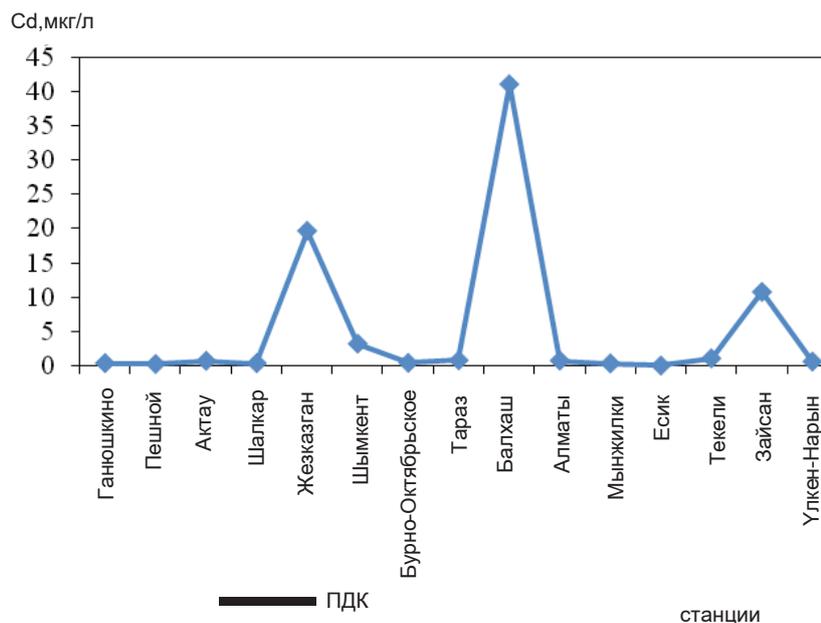


Рисунок 5 – Среднеголетнее распределение концентрации мышьяка (As) в снежном покрове на территории Южного Казахстана за период с 2005–2009 годы

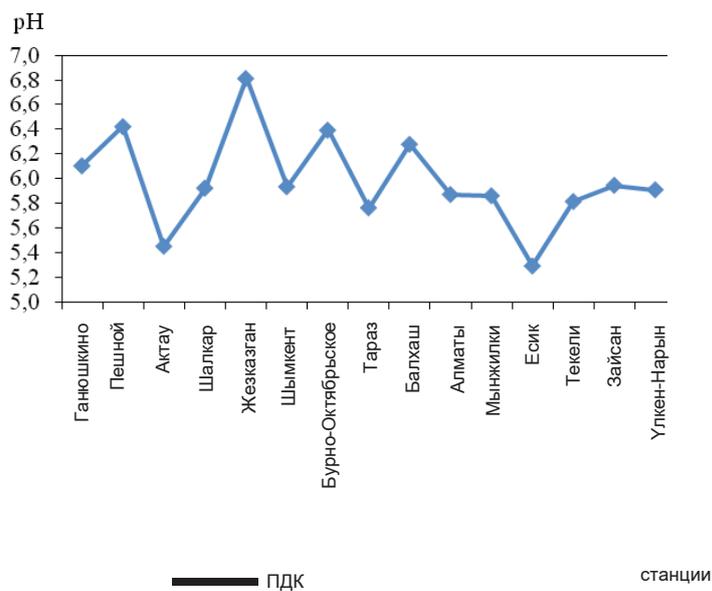


Рисунок 6 – Среднеголетнее значение pH в снежном покрове на территории Южного Казахстана за 2005-2009 годы

Самое высокое накопление мышьяка в снежном покрове наблюдается в городе Балхаш, где имеет место максимум (41,07 мг/л), в отдельные годы максимум достигает 2 ПДК (2008–2009 гг.), обусловлено это воздействием промышленных предприятий (Балкашский Горно-Металлургический Комбинат). Среднеголетнее содержание мышьяка в снежном покрове Жезказгана

составило (19,66 мг/л), Зайсан (10,75 мг/л). Минимальные значения мышьяка наблюдались на МС Мынжилки (0,37 мг/л).

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 близ-

ким к 5,6. В незагрязненной атмосфере могут присутствовать кислотообразующие вещества естественного происхождения, вследствие чего за нижний предел естественного закисления принята величина $pH=5,5$. 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.

Величина водородного показателя pH , характеризующая активность водородных ионов раствора, является важным свойством раствора. Величина pH является мерой активной кислотности воды, которая создается в результате взаимодействия растворенных электролитов и газов.

В зависимости от уровня pH осадков можно условно разделить на несколько групп (табл. 1).

Таблица 1 – Водородный показатель pH атмосферных осадков

Уровень	Значения pH
Сильнокислые	4
Слабокислые	4,5-5,0
Нейтральные	5,6-5,8
Слабощелочные	>6

Результаты определения среднемноголетних значений pH отобранных проб в снежном покрове приведены на рисунке 6. Кислотность проб в снежном покрове за 2005–2009 годы в основном имеет характер нейтральной и слабощелочной среды. Среднемноголетние значения величины pH осадков изменялись от 5,3 на МС Мынжилки до 6,8 – МС Жезказган. В целом по территории Южного Казахстана среднемноголетние показатели pH составляют 6,0 и относятся к слабощелочному уровню кислотности.

Величина pH имеет тенденцию к понижению при движении с запада на восток по южной части территории Казахстана. Объяснение этому факту пока не найдено.

На основе проведенных исследований многолетних данных по содержанию тяжелых металлов в снежном покрове Южного Казахстана, установлено следующее:

1. Мониторинг снежного покрова является наиболее экономичным методом контроля качества окружающей среды. Послойный отбор проб снега позволяет получить динамику загрязнения за зимний период, а всего лишь одна проба по всей толще снежного покрова дает представительные данные о загрязнении за период от на-

чала образования устойчивого снежного покрова до момента отбора пробы.

2. В ходе выполнения работ обозначились районы, уровень загрязнения которых самый высокий. Это характеризующие состояние загрязнения окружающей среды и источники (Балкаш и Жезказган). В этих районах отличаются локальные очаги высоких концентраций свинца, кадмия и мышьяка.

Что же касается меди, то ее концентрации тоже высоки, но практически над всем югом рассматриваемой территории. Области высоких концентраций менее локальны. Это Жезказган–Шымкент и Балкаш–Алматы, а также Казахстанский Алтай. Показано, что накопление загрязняющих веществ (As, Cd, Cu, и др.) в снежном покрове существенно различается на разных по степени антропогенной нагрузки территориях Южного Казахстана. В урбанизированных регионах их накопление в несколько раз выше по сравнению с фоновыми.

3. Водородный потенциал при движении с запада на восток заметно колеблется, однако его величина в этом колебании понижается. Осадки (снег) имеют характер нейтральной или слабощелочной среды ($pH=6,0$).

4. Концентрации ЗВ в снеге заметно колеблются от года к году, что станет предметом наших следующих исследований.

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 гео-

химической оценке загрязнения территории городов 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.С. Мадибеков

Оңтүстік Қазақстан территориясындағы қар жамылғысының ластануын бағалау

Мақалада оңтүстік Қазақстан территориясындағы қар жамылғысындағы ауыр металдармен ластану дәрежесі туралы зерттеулердің нәтижелері келтірілген. 48 параллельден оңтүстік аймағына қарай орналасқан 15 метеорологиялық станцияның мәліметтері қолданылған. Есептеулерде 2005–2009 жылдар аралығында орташаланған мәліметтер алынған.

A.S. Madibekov

Pollution by heavy metals assessment of snow cover in southern Kazakhstan

The results of research of heavy metal pollution of snow cover in southern Kazakhstan. Used data from 15 meteorological stations. At calculations averaged over a five year period from 2005 to 2009 years.