

УДК 502.052

PhD

Канд. биол. наук

Канд. биол. наук

PhD

Ж.Г. Берденов¹А.Т. Бекетова¹Г.М. Атаева²Е.Х. Мендыбаев²Marin Rusev³

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА АКТЮБИНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Ключевые слова: мониторинг загрязнения, геохимия снежного покрова, коэффициент аномальности

Систематическое изучение снежного покрова позволяет выявить пространственно-временные особенности распределения химических веществ в компонентах природной среды, выявить очаги загрязнения и определить тенденцию в изменении качества окружающей среды. В данной работе приведены результаты исследования химического состава снега, выпавшего в г. Актобе за зимний период 2018...2019 гг. Выявлены корреляционные зависимости между веществами, загрязняющими снежный покров. В результате исследования получены ряды коэффициентов аномальности среди анионов, которые отражают состав техногенных выбросов в атмосферу.

Введение. Проблема экологической деградации городских территорий приобретает в настоящее время все большую актуальность. Благодаря возрастающему «антропогенному давлению» промышленно развитый город изменяет почти все компоненты природной среды: микроклимат и состояние воздушного бассейна, подземные воды, почвенный покров, растительность.

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан.

²Актюбинский государственный университет им. К. Жубанова, г. Актобе.

³Софийский университет им. Св. Климент Охридски, г. София, Болгария.

Наиболее динамичным и поэтому наиболее сложным для анализа компонентом урбанизированной среды является атмосферный воздух, загрязнение которого вызывает рост экологических проблем [6].

К одним из загрязненных промышленных городов Казахстана с развитой промышленной инфраструктурой относится и г. Актобе. В городе функционирует более 200 промышленных предприятий [3], но наиболее крупными являются предприятия ТНК «Казхром», АЗФ и ТЭЦ, локализованные на северо-западе города (Северная промышленная зона). Промышленная эксплуатация Актюбинского завода ферросплавов была начата с 1943 г., а завода хромовых соединений с 1957 г. Результаты наблюдений, проводившихся ранее, характеризуют г. Актобе как территорию с неблагоприятной экологической ситуацией [11]. Учитывая вышеизложенное и с целью представления данных о загрязнении территории города в динамике, была проведена комплексная оценка воздействия различных факторов на снежный покров г. Актобе с учетом имеющихся данных о загрязнении воздушной среды, снеговой съемки с различных источников [7, 9].

Материалы и методы исследования. Для изучения воздушной среды можно использовать различные методы анализа, каждый из которых имеет свои ограничения и достоинства. В настоящее время наиболее востребованными и достаточно информативными являются экспрессные методы контроля качества окружающей среды, которые позволяют произвести относительно быструю оценку эколого-геохимической обстановки [10]. Один из таких методов основан на использовании снежного покрова в качестве объекта эколого-геохимической индикации. Снег обладает высокой сорбционной способностью и осаждает из атмосферы на земную поверхность значительную часть продуктов техногенеза. Многолетний мониторинг загрязнения снежного покрова позволяет выявить пространственно-временные особенности распределения химических веществ, выявить очаги загрязнения и определить тенденцию в изменении качества окружающей среды [2].

Наши исследования заключались в анализе данных мониторинга химического состава снежного покрова на территории г. Актобе в течение

2018 г. (январь-март), 2019 г. (январь-март) для оценки аэрогенного загрязнения городской среды.

Отбор проб проводился по единой методике в период максимального накопления влаги в снеге. Методика отбора: в месте отбора пробы на всю толщу снежного покрова (за исключением нижних 2...3 см во избежание загрязнения частицами почвы) врезали пластиковую трубку площадью сечения 70...78 см² и длиной 30 см; затем трубку вынимали из снега, поддерживая снизу пластмассовой лопаткой [1]. Далее пробы снега растапливались при комнатной температуре, талую воду фильтровали. По осадку, полученному на фильтре, определяли количество взвешенных частиц в отобранной пробе, а в фильтрате определяли следующие показатели: NH₄⁺, NO₃⁻ и NO₂⁻ (колориметрический метод); минерализацию (кондуктометрический); общую жесткость, Ca²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ (титриметрический); pH (потенциометрический); Mg²⁺ (расчетный) [8].

Исследования химического состава проб снега проводили в эколого-аналитической лаборатории факультета естественных наук, на кафедре экологии Актюбинского регионального государственного университета им. К. Жубанова.

Поскольку ГОСТа Республики Казахстан по загрязнению снежного покрова не существует, а применение нормативных документов по контролю загрязнения атмосферы и поверхностных вод к талой воде не всегда обосновано, то для более объективной характеристики загрязнения снежного покрова мы сопоставляли концентрации поллютантов городских проб снега с соответствующими значениями их фонового аналога [6]. Также в работе применяли корреляционный анализ, который включал построение матриц коэффициентов парной корреляции между концентрациями веществ в снежном покрове.

Анализ и обсуждение. В ходе полевых работ в период, предшествующий снеготаянию, в марте 2018 и 2019 годов были отобраны 30 проб снега (по 15 проб в каждом году) в различных функциональных зонах Актюбинской агломерации с разной степенью техногенного воздействия: 5 проб – в жилой зоне, 4 – в промышленной, 3 – в транспортной (вдоль крупных объездных авто – и ж/д магистралей), 2 – в рекреационной (парковые зоны) и

1 проба фоновая – за пределами города, отобрана вблизи с. Шилисай (бывший Каргалинский район) в 25 км от города в северо-восточном направлении (рисунок 1, таблица 1).

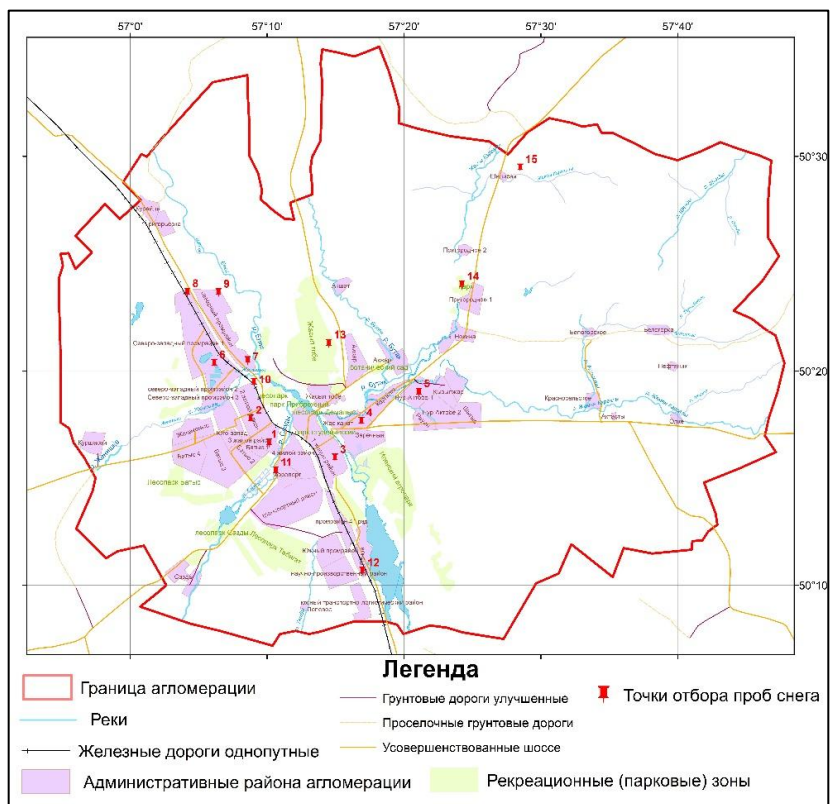


Рис. 1. Карта отбора проб снега в Актыубинской агломерации

Таблица 1

Наименование ключевых участков для отбора проб снега в 2018...2019 гг.

№ точки отбора	Наименование и местоположение точки отбора проб	Координаты точки отбора
1 участок	Жилой р-он Батыс 1	57°10'В 50°16'С
2 участок	Жилой р-он Центр города (5 микрорайон)	57°8' В 50°17'С
3 участок	Жилой р-он Старая часть города (ул. Некрасова)	57°14' В 50°15'С
4 участок	Жилой р-он Жасканат	57°16' В 50°17' С
5 участок	Жилой р-он Нур-Актобе	57°21' В 50°18' С
6 участок	Южная часть Северо-западного промрайона	57°6' В 50°20' С

№ точки отбора	Наименование и местоположение точки отбора проб	Координаты точки отбора
7 участок	Южная часть Северного промрайона	57°8' В 50°20' С
8 участок	Северная часть Северо-западного промрайона	57°4' В 50°23' С
9 участок	Северная часть Северного промрайона	57°6' В 50°23' С
10 участок	Проспект 312 ст. дивизии (вдоль ж/д)	57°8' В 50°19' С
11 участок	Проспект Санкибай батыра (дорога в Аэропорт)	57°10' В 50°15' С
12 участок	Трасса респуб. значения Актобе-Кандыгааш (вдоль ж/д)	57°16' В 50°10' С
13 участок	Рекреационная зона Парк Жасыл-Тобе	57°14' В 50°21' С
14 участок	Рекреационная зона Лесо парк в близи Пригородного	57°24' В 50°23' С
15 участок	Фоновая в близи с. Шилисай в 25 км от г. Актобе	57°28' В 50°29' С

Также проводился ежедневный отбор проб снега в декабре-январе 2018, 2019 годов, в вышеперечисленных районах города, за исключением фонового, для расчета суточной пылевой нагрузки по территории города.

Результаты снеговой съемки показали относительно невысокую дифференциацию суточных пылевых нагрузок на территории города – от 1,199 кг/км² сут. до 153 кг/км² сут., т.е. низкого уровня. Максимальное значение пылевой нагрузки соответствовало пробе на участке 6, отобранной вблизи территории АЗХС, минимальное значение на участке 14 – в рекреационной зоне.

Результаты исследования. Результаты проведенного исследования позволили выявить следующие пространственно-временные особенности распределения загрязняющих веществ в снежном покрове г. Актобе.

Уровень рН снежных проб в 2019 году снизился по сравнению с 2018 годом. Этот процесс подкисления можно объяснить увеличением содержания в снеге сульфат- и нитрат-ионов. А это, в свою очередь, свидетельствует о росте выбросов оксидов серы и азота в окружающую среду по сравнению с предыдущим годом, очевидно это связано с ростом производства. В пространственном выражении наиболее высокие значения рН снега (щелочные осадки) характерны для проб, отобранных в промышленной и транспортной зоне (в среднем в 2018 году 7,7...8,3, в 2019 году 6,5...6,7), а

более низкие – для проб, отобранных в зоне рекреации и некоторых точках жилой зоны.

Помимо увеличения сернокислых и азотистых соединений, в пробах 2019 года отмечается также резкое увеличение содержания взвешенных веществ. Наибольшие значения взвешенных веществ и в 2018, и в 2019 годах характерны для проб, отобранных в транспортной (участки 10, 11, 12) и промышленной (участки 6, 7, 8, 9) зонах.

Напротив, низкие значения взвешенных веществ отмечаются в пробах снега, отобранных в рекреационной и жилой зонах, где воздействие антропогенного фактора в 2019 году снизилось в сравнении с 2018 годом. Очевидно это объясняется тем, что зима 2019 года была более мягкой, со средней температурой января -18°C [4, 5], так как одним из основных источников поступления твердых веществ в атмосферный воздух г. Актобе являются автомобильный транспорт и объекты теплоэнергетики (тепловые станции).

Как известно, при поступлении больших количеств пыли в окружающую среду наблюдается подщелачивание снеговых вод и увеличение содержания кальция, магния, гидрокарбонат-ионов за счет растворения техногенных карбонатов, содержащихся в пыли [6]. Проведенные нами расчеты показали наличие достоверной положительной корреляционной связи средней силы между содержанием взвешенных веществ в снеге и уровнем pH ($r = 0,48$), а также между следующими показателями: взвешенные вещества – ионы кальция ($r = 0,52$), взвешенные вещества – величина общей жесткости ($r = 0,42$).

Содержание гидрокарбонат-ионов в 2019 году выше аналогичных показателей 2018 года и также коррелирует со значением взвешенных веществ ($r = 0,51$). В целом, величина HCO_3^- - ионов в снежных пробах изменяется от 7,5 до 25,1 мг/л (в 2018 году) и от 10,5 до 30,65 мг/л (в 2019 году). Максимальные значения HCO_3^- - ионов отмечаются в точках промышленной зоны и, частично, транспортной зоны. Минимальные значения HCO_3^- ионов отмечаются в пробах снега, отобранных в зоне рекреации (участок 14) и жилой зоне (участок 5).

Содержание хлорид-ионов, наоборот, снизилось во многих исследуемых точках (жилая и рекреационная зона). Очевидно, это объясняется малоснежной и мягкой зимой 2019 года, что привело к сокращению доз песчано-соляной смеси, применяемой для обработки дорог. Максимальные концентрации Cl^- – ионов отмечаются на участках транспортной зоны (9, 10) и превышают фоновые показатели более чем в 3 раза. Также было обнаружено небольшое количество Cl^- ионов в рекреационной зоне на участке (13) вблизи парковой зоны в черте города, очевидно это связано с ветровой эрозией.

Путем сопоставления химического состава проб снега в исследуемых зонах с фоном были получены ряды коэффициентов аномальности среди анионов в снежном покрове (таблица 2).

Таблица 2

Разница по годам коэффициентов аномальности среди анионов (мг/дм^3)

Функциональная зона	2018 год	2019 год
Жилая	$\text{Cl}^- (2,0...4,0) > \text{NO}_2^- (1,2...3,8) > \text{SO}_4^- (1,1...2,7) > \text{HCO}_3^- (1,3...2,0) > \text{NO}_3^- (0,7...2,1)$	$\text{NO}_3^- (3,8...12,2) > \text{NO}_2^- (2,4...5,5) > \text{Cl}^- (1,3...4,8) > \text{SO}_4^- (1,2...2,1) > \text{HCO}_3^- (1,1...2,2)$
Промышленная	$\text{Cl}^- (2,0...7,7) > \text{NO}_2^- (2,8...8,9) > \text{HCO}_3^- (2,5...4,3) > \text{SO}_4^- (1,5...3,8) > \text{NO}_3^- (1,6...4,5)$	$\text{NO}_3^- (3,3...10,2) > \text{NO}_2^- (2,3...9,9) > \text{Cl}^- (2,3...5,5) > \text{SO}_4^- (1,4...4,5) > \text{HCO}_3^- (1,7...4,9)$
Транспортная	$\text{Cl}^- (2,2...8,9) > \text{NO}_2^- (3,0...7,0) > \text{HCO}_3^- (1,5...3,3) > \text{SO}_4^- (1,2...3,3) > \text{NO}_3^- (1,2...3,5)$	$\text{NO}_3^- (7,2...16,1) > \text{NO}_2^- (4,1...9,0) > \text{Cl}^- (2,8...6,3) > \text{HCO}_3^- (1,4...2,6) > \text{SO}_4^- (1,6...2,7)$
Рекреационная	$\text{Cl}^- (1,0...2,1) > \text{NO}_2^- (1,1...2,0) > \text{SO}_4^- (1,0...2,4) > \text{HCO}_3^- (1,2...1,8) > \text{NO}_3^- (0,4...1,6)$	$\text{NO}_3^- (1,1...2,3) > \text{Cl}^- (0,5...1,7) > \text{NO}_2^- (1,1...3,2) > \text{SO}_4^- (1,4...2,2) > \text{HCO}_3^- (1,1-1,4)$

Максимальная концентрация NO_3^- – ионов отмечается в промышленной зоне в точках (8, 9). Очевидно, это связано с выбросами промышленных предприятий, также высокие концентрации данных ионов наблюдаются в транспортных зонах, что связано с транспортировкой руды

грузовым транспортом, который периодически находится в промышленной зоне (участок 10, 12).

Расчёты Zp ежедневной снеговой съёмки в период декабрь-январь 2018...2019 гг. были выполнены на основе данных спектрального анализа твердого остатка и значения варьируются от 75,5 до 149,3. Расчет металлических нагрузок приоритетных тяжелых металлов в твердом остатке снеговых проб установил, что содержание химических элементов, зафиксированных в снеге, существенно различается по зонам города, отражая их насыщенность промышленными предприятиями и автотранспортом. Так, было установлено, что лишь Cr, Pb, Ni, Cu и Co имеют устойчивые значения рН (показатель накопления) более 1,5 единиц над фоном. Именно эти элементы, имеющие трансгрессивный характер выпадений, были признаны приоритетными. В морфологическом плане распределение аномальных металлических нагрузок подчиняется розе ветров, характерной для зимнего периода (рисунок 2).

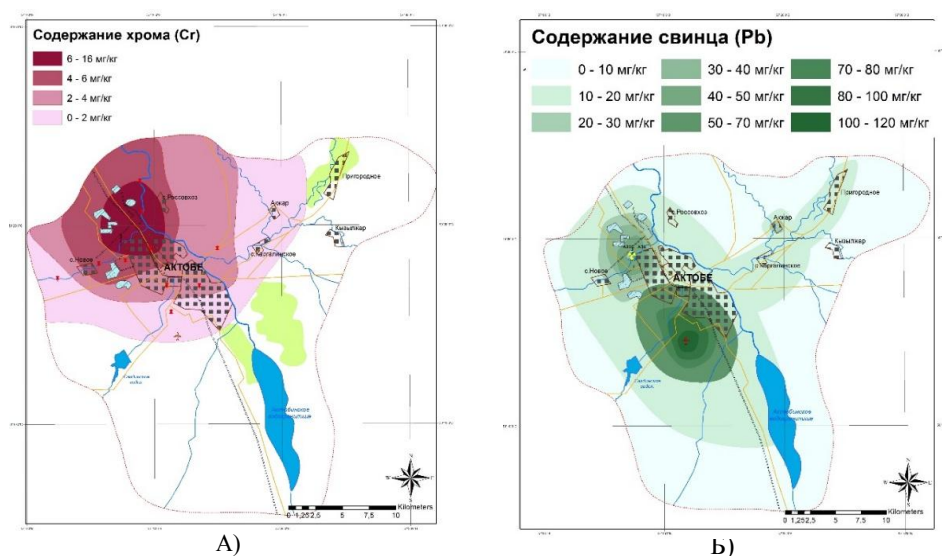


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов в твердом остатке снеговых проб:
А – содержание хрома (мг/кг); Б – содержание свинца (мг/кг).

Северным флангом выделенный техногенный ореол примыкает к Северной промышленной зоне. Более того, для указанной зоны в фильтрате снеговых проб были зафиксированы превышения норматива ПДК по

шестивалентному хрому от 2 до 10 ПДК для питьевых вод (по результату анализа пробы). Полученные результаты свидетельствуют о том, что при снеготаянии талые воды оказывают воздействие на экологическое состояние поверхностных и подземных вод в районе Северной промзоны. Очевидно, что анализ поверхностных проб воды на тяжелые металлы, проводимый Казгидромет службами на гидропостах в северной части городской агломерации (на реках Женишке, Илек) в весенний период выявляют превышение установленных нормативов по бору с максимальными концентрациями до 1,3 ПДК. Также периодически отмечаются превышения в поверхностных водах по кадмию и по хрому шестивалентному в среднем до 5 ПДК [4].

Выводы. Данные снеговой съемки, проведенные по территории города Актобе, свидетельствуют о наличии аномальной трансгрессивной нагрузки, образуемой выпадением пыли с высоким содержанием химических элементов, негативно воздействующей на все компоненты окружающей среды, где происходит постепенное повышение концентраций ТМ.

Минерализация снежных проб в 2019 году увеличилась, что связано с увеличением содержания основных катионов и анионов. Это свидетельствует об увеличении «антропогенного давления» на среду. Максимальные значения минерализации характерны для проб, отобранных в транспортной (участки 10, 12) и промышленной (участки 6, 7, 8, 9) зонах, также наблюдается увеличение в 2019 году концентраций взвешенных частиц для точек рекреационной и жилой зон (3, 13).

При этом, суточные пылевые нагрузки характеризуются в общем низким уровнем (153 кг/км^2). Метальная же нагрузка является весьма существенной. При этом, большинство элементов выявлены на близфоновом уровне и в слабо-аномальных концентрациях, но Cr, Pb, Ni, Cu и Co имеют устойчивые значения рН более 1,5 единиц над фоном.

Именно эти элементы, имеющие трансгрессивный характер выпадений, признаны приоритетными. Основным элементом-загрязнителем является хром, значения показателя накопления рН в ед. фона регионального достигают 120,2, а загрязнение почв хромом оценивается в 4,17 т/год [9].

Распространение ореола аномальных металлических нагрузок подчиняется розе ветров с примыканием к северо-западной промышленной зоне.

Также в результате исследования мы пришли к выводу, что в районе промышленной зоны на экологическое состояние поверхностных и подземных вод могут оказать воздействие талые воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспалова Е.В. Оценка геохимического состояния снежного покрова г. Воронежа / Беспалова Е.В., Прожорина Т.И., Куролап С.А. // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2013. – № 1. – С. 137-141.
2. Гаврилова И.П., Касимов С. Практикум по геохимии ландшафта. – Москва: Из-во МГУ, 1988. – 447 с.
3. Давидович С.Г. Особенности развития бронхиальной астмы у детей в регионе высокого экологического напряжения / С.Г. Давидович, Л.В. Долотова, Г.М. Кульниязова, Г.К. Жубаназарова // Экология и здоровье детей. Сборник научных трудов республиканской конференции. – Усть-Каменогорск, 2003. – С. 30-31.
4. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2018 год. Министерство энергетики РК. – Астана: Департамент экологического мониторинга РГП «Казгидромет», 2018. – 409 с.
5. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 1 квартал 2019 года, выпуск №1 (73). – Нур-Султан: Департамент экологического мониторинга РГП «Казгидромет», 2019. – 243 с.
6. Касимов Н.С. Экогеохимия городских ландшафтов. – Москва: Издательство Московского университета, 1995. – 336 с.
7. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. – М.: ИМГРЭ, 1990. – 24 с.
8. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В. Н. Василенко [и др.]. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 182 с.
9. Сетко Н.П., Альмурзаева С.И., Лимешкина Е.С., Яковлева Н.А., Федоров Г.В. Экологическая характеристика состояния окружающей среды на территории промышленного комплекса в городе Актобе

(Казахстан). Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Том 14. – №5(3), 2012. – С. 638-640.

10. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: учебное пособие / Т. И. Прожорина и др. – Воронеж: Истоки, 2010. – 304 с.
11. Яковлева Н.А. Оценка гигиенической безопасности функционирования системы «промышленное предприятие – окружающая среда – здоровье человека» / Н.А. Яковлева, У.К. Киюзаров, Н.А. Айтмухамбетов // Экология и развитие общества: сб. науч. докл. 9 междунар. конф., 19-24 июля 2005 г. – СПб., 2005. – С. 380-383.

Поступила 25.07.2019 г.

PhD	Берденов Ж.Г.
	Бекетова А.Т
Биол. ғыл. канд.	Атаева Г.М.
Биол. ғыл. канд.	Мендыбаев Е.Х
PhD	Marin Rusev

АҚТӨБЕ АГЛОМЕРАЦИЯСЫ ҚАР ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ТЕХНОГЕНДІК ЛАСТАНУЫН ЗЕРТТЕУ

Түйін сөздер: ластану мониторингі, қар жамылғысының геохимиясы, ауытқушылық коэффициенті.

Қар жамылғысын жүйелі түрде зерттеу табиғи орта компоненттеріндегі химиялық заттардың таралуының кеңістік-уақыттық ерекшеліктерін анықтауға, қоршаған орта сапасы өзгеруінің үрдісін және ластану ошақтарын анықтауға мүмкіндік береді. Берілген жұмыста Ақтөбе қаласы 2018...2019 жж. қысқы мезгілінде жауылған қардың химиялық құрамының зерттеу нәтижелері келтірілді. Қар жамылғысын ластайтын заттардың арасындағы корреляциялық байланыс анықталды. Зерттеу нәтижесі бойынша атмосфераға техногендік шығарындылардың құрамын көрсететін аниондар арасындағы ауытқушылық коэффициенттер қатары алынды.

Zh.G. Berdenov, A.T. Beketova, G.M. Ataeva, E.H. Mendybaev, Marin Rusev

STUDYING OF THE TECHNOGENIC POLLUTION OF SNOW COVER OF AKTOBE AGGLOMERATION

Key words: pollution monitoring, snow cover geochemistry, anomalous coefficient.

A systematic study of snow cover reveals the spatial and temporal characteristics of the distribution of chemicals in the components of the natural environment, identifies the sources of pollution and identifies a tendency to change the quality of the environment. This paper presents the results of a study of the chemical composition of snow that fell in Aktobe during the winter period of 2018...2019. Revealed correlation dependencies between substances that pollute snow cover. Because of the study, we obtained series of anomalous coefficients among anions, which reflect the composition of technogenic emissions into the atmosphere.