

УДК 504.3.054

## ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ СВИНЦОМ АТМОСФЕРЫ ГОРОДА ТЮМЕНИ

© 2015 Е.В. Крестьянникова, В.В. Козлова, Н.С. Ларина, С.И. Ларин

Тюменский государственный университет

Статья поступила в редакцию 25.11.2015

Статья посвящена оценке распределения свинца в атмосфере г. Тюмени по результатам геохимической снегосъемки в зимние периоды с 2012 по 2015 гг.

Ключевые слова: мониторинг, атмосфера, снег, свинец, источник загрязнения

Состояние окружающей среды крупных городов обычно оценивается по состоянию отдельных ее составляющих: атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв и растительного покрова, здоровья горожан. Наиболее динамичной и поэтому наиболее сложной для анализа является атмосфера, которая оказывает существенное влияние на состояние всех компонентов урбанизированной экосистемы. Именно поэтому научные исследования относительно оценки антропогенной нагрузки на воздушный бассейн промышленных городов, а также разработка методов его регулирования относятся к актуальным проблемам. Важной составляющей в решении данных вопросов является выявление уровня антропогенной нагрузки на таких территориях, ее распределение, выявление наиболее серьезных и опасных загрязнителей окружающей среды и их локализация, выделение экологически чистых участков на территории города и в окрестностях, наиболее пригодных для проживания и отдыха населения [1-3].

Для общей оценки химико-экологической ситуации в городе необходимо использовать объекты, позволяющие получать интегральную информацию в течение определенного периода времени. В зимнее время рациональнее всего использовать снег, который накапливает загрязняющие компоненты, мигрирующие воздушным путем, в течение 4-6 месяцев в сибирских регионах [4-7]. Именно этот объект анализа был использован нами для оценки химико-экологического состояния в г. Тюмени в зимний

период 2012–2015 гг. Мониторинг снежного покрова позволяет оценить общую загрязненность воздуха на территории города, выделить экологически благоприятные и неблагоприятные районы, установить мобильные и локальные источники загрязнения атмосферы и характер их влияния на прилегающие территории [8-16].

Тюмень длительное время развивалась, прежде всего, как административный и интеллектуальный центр огромной области, и город длительное время не знал проблем с загрязнением среды в таком масштабе, в каком их испытывали многие другие города России, особенно складывающиеся вокруг металлургических и химических предприятий [4]. На территории города выделяют 4 административных округа: Калининский, Центральный, Ленинский и Восточный (рис. 1). Контроль качества воздушной среды осуществляется 3 независимыми организациями: 1) стационарными постами контроля общегосударственной системы наблюдений Тюменского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; 2) Центром гигиены и эпидемиологии в Тюменской области; 3) передвижной лабораторией МУ «ЛесПаркХоз» [11]. Основным источником экспериментальной информации для определения фоновых концентраций загрязняющих веществ в городе являются данные стационарных постов наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Выбор места расположения стационарных постов при организации наблюдений за загрязнением атмосферы в городе осуществлялся органами гидрометеорологической службы в 1967-2004 гг. (рис. 2) [11].

Как видно по карте на рис. 2, 3 стационарных поста расположены неравномерно по территории города и не могут производить эффективный мониторинг состояния воздушного бассейна, ввиду того, что уже не учитывают современную застройку города и расположение других

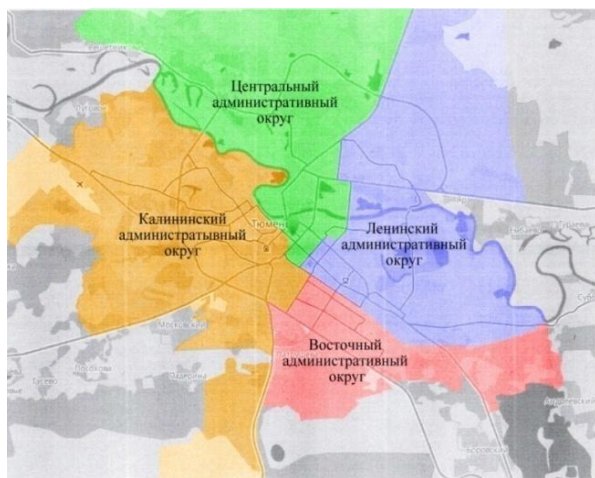
*Крестьянникова Елизавета Вячеславовна, инженер кафедры органической и экологической химии. E-mail: li3452@yandex.ru*

*Козлова Вера Васильевна, инженер кафедры геоэкологии. E-mail: ver1025@rambler.ru*

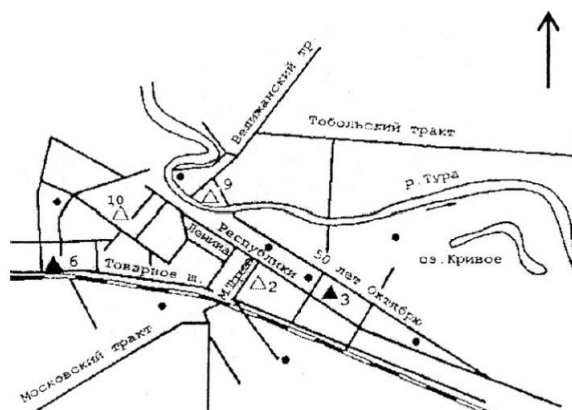
*Ларина Наталья Сергеевна, кандидат химических наук, профессор кафедры органической и экологической химии. E-mail: nslarina@yandex.ru*

*Ларин Сергей Иванович, кандидат географических наук, заведующий кафедрой геоэкологии. E-mail: silarin@yandex.ru*

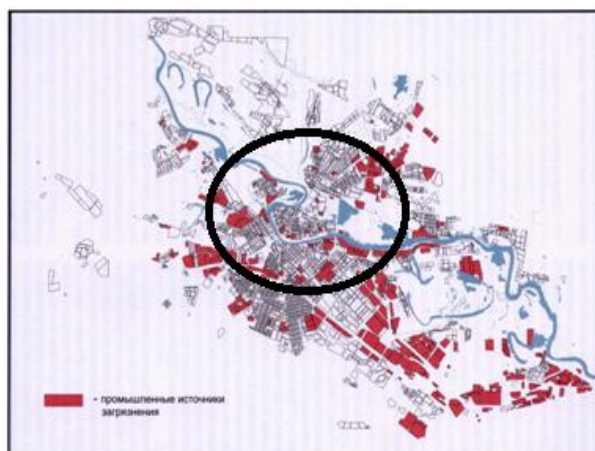
источников загрязнения помимо крупных автомагистралей города.



**Рис. 1.** Схема размещения предприятий в г. Тюмени



**Рис. 2.** Карта стационарных постов наблюдений в Тюмени [11]



**Рис. 3.** Размещение промышленных источников загрязнения в г. Тюмени

Важнейшим фактором, обуславливающим состояние атмосферного воздуха, является

особенность климата и микроклимата территории, которые во многом определяют способность атмосферы рассеивать и адсорбировать вредные примеси. Это зависит от характера турбулентного обмена и ветрового режима, наличия тумана, рельефа местности, наличия растительности и водных объектов, а также температурных инверсий. На аэрационный режим конкретной территории влияет характер планировки и застройки города в целом и его отдельные элементы, например ориентация и профиль основных автомагистралей. Поэтому наличие открытых пространств, больших озелененных площадей является важнейшим фактором очистки воздуха от вредных примесей. Для Тюмени характерно уменьшение количества зелёных насаждений, площади газонов в результате застройки и расширения проезжей части улиц, площади пригородных лесов вследствие пожаров, устройства коттеджных и дачных поселков [4].

Влияние хозяйственной деятельности человека на процессы экологии значительно. Немаловажное значение в загрязнении атмосферы города имеют выбросы, сбросы и отходы промышленных предприятий, автотранспорта и предприятий энергетики. На территории города расположено больше 200 крупных предприятий, которые представляют 12 отраслей промышленности. По объемам энергетика составляет 44%, машиностроение и металлообработка – 25%, пищевая – 11,2%, лесная и деревообрабатывающая – 6,1%, строительных материалов – 2%, химическая и нефтехимическая – 1,2%. Равномерное, в целом по всему городу, расположение промышленных предприятий имеет свои положительные и отрицательные стороны (рис. 3). Негативный аспект заключается в том, что при любом румбе ветров какая-либо часть города оказывается под шлейфом загрязнителей. В то же время отдельные районы города не подвергаются одновременно суммарному воздействию всех промышленных предприятий, как если это случилось бы при концентрации всех производственных узлов на какой-либо одной территории.

К категории техногенных источников, воздействующих на все компоненты городской среды, отнесены, главным образом, предприятия машиностроения, металлообработки и строительного комплекса. К таким предприятиям относятся: машиностроительный завод, станкостроительный завод, судостроительный завод, ОАО «Тюменский аккумуляторный завод», Завод бетонных изделий, Тюменский ЖБИ. Особые группы экологически опасных предприятий занимают предприятия энергетики: ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и транспорта: аэропорт Рошино, Тюменская станция Свердловского отделения ОАО «Российские железные дороги» и т.д. По данным

Тюменьстата, в 2013 г. в Тюменской области число учтенных предприятий и организаций, осуществляющих эмиссию загрязняющих веществ в атмосферу, возросло с 1082 до 1195, источников выбросов - с 17156 до 22354 [19,20].

Город Тюмень по характеру техногенного загрязнения в настоящее время относится к типу городов, для которых уровень антропогенной нагрузки определяется, в основном, выбросами автотранспорта и в котором выбросы автотранспорта составляют более 80% валовых выбросов загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу города. Линейная структура, неразвитость поперечных направлений, искусственные и естественные преграды, непланомерное развитие города, бессистемное решение транспортных проблем привели к тому, что транспортные магистрали в условиях интенсивной автомобилизации населения не соответствуют потребностям горожан. Километровые заторы наблюдаются на главных магистралях города (ул. Мориса Тореза, Республики, Герцена, Ленина); экологическая обстановка вдоль таких магистралей опасна для здоровья жителей [4]. В Тюмени ежегодно от различных заболеваний умирает примерно 6000 человек; из них около 2000 человек вследствие экологического неблагополучия (по статистике 30 % всех заболеваний связано с состоянием экологии).

Ввиду сложившейся экологической обстановки в г. Тюмени изучение форм распространения такого поллютанта, как свинец является неотъемлемой ступенью в комплексном экологическом мониторинге городской среды.

**Цель работы:** оценка распределения содержания свинца на территории города и изучение динамики загрязнения атмосферы г. Тюмени в зимние периоды 2012-2015 гг. на основе химического анализа снежного покрова.

**Объекты и методы исследования.** В пределах города отбор проб снега производился на участках с ненарушенным снежным покровом у промышленных предприятий, тепловых электростанций и т.п., в жилых кварталах города, парках, скверах, садах, у транспортных магистралей (не ближе 50 м). Отбор проб производился весовым снегомером (BC-43) в соответствии с нормативными документами [18]. В качестве фоновой точки был выбран участок, расположенный в лесном массиве на расстоянии 24 км от города. Данный участок испытывает минимальное антропогенное воздействие, концентрации химических элементов в этой точке были приняты в качестве фоновых. В зимние периоды 2012-2013 гг. и 2013-2014 гг. с территории города было отобрано 50 проб снега в каждый зимний период, в 2015 г. количество проб было увеличено до 90.

Предварительная обработка проб снега заключалась в фильтровании, после чего отфильт-

рованная талая вода и взвешенное вещество на фильтрах подвергались дальнейшей обработке и анализу. Полученный осадок на фильтре высушивали при температуре 105°C, далее прокаливали в тиглях при 550°C в муфельной печи в течение 2-3 часов до постоянной массы. Озоленную пробу растворяли в 10 см<sup>3</sup> 10% азотной кислоты, переносили в мерную колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup> и доводили бидистиллированной водой до метки. Таким образом твердую компоненту переводили в жидкий вид для дальнейшего исследования на содержание свинца атомно-абсорбционным методом на ААС Shimadzu AA-6300; фильтрат талой воды анализировался также атомно-абсорбционным методом на ААС Спираль-17 без дополнительной пробоподготовки.

**Результаты исследования.** Среди специфических загрязняющих веществ в воздушном бассейне городов важное место занимают металлы, большинство которых относится к первому и второму классам опасности. Их негативное влияние на человека проявляется не только в прямом воздействии высоких концентраций, но и в отдаленных последствиях, связанных со способностью многих металлов аккумулироваться в организме. Металлы содержатся в большинстве видов промышленных, энергетических и автотранспортных выбросов в атмосферу и могут являться индикаторами техногенного воздействия этих выбросов на окружающую среду [32]. Свинец – токсикант 1-го класса опасности, имеет высокую растворимость, биохимическую активность и канцерогенность; обладая повышенной тенденцией к биоаккумуляции и комплексообразованию, может находиться в окружающей среде в минеральной и органической формах [11].

Содержание свинца в снежном покрове 2013 г. в г.Тюмени изменяется в интервале от 0 до 180 мкг/л. Определение содержания свинца в жидкой и твердой фазе (пыли) снега представлено на диаграмме (рис. 4), из которой видно, что в основном свинец мигрирует в виде твердых частиц и только 3% переносится в водорастворимой форме. Фоновое значение концентрации свинца составляет 0,1 мкг/л в жидкой фазе, в твердой – 27 мкг/л. В значительной части проб, как в твердой, так и в жидкой фазах наблюдается превышение ПДК для рыбохозяйственных водоемов (0,006 мг/л) от 2 до 30 раз.

В снежном покрове 2014 г. содержание свинца изменяется в интервале от 0 до 214 мкг/л. По сравнению с 2013 г. преобладающей формой миграции по-прежнему остается твердая, но доля водорастворимых форм свинца в снеге возрастает более, чем в 2 раза. Концентрация свинца на фоновом участке в жидкой фазе также увеличилась почти в 2 раза (1,9 мкг/л), а содержание свинца в твердой фазе существенно уменьшилось (17 мкг/л). В 2015 г. пробы снега были про-

анализированы только в жидкой фазе, в которой содержание свинца колеблется от 0 до 30,4 мкг/л. Если сравнивать с прошлым годом, то наблюдается небольшой спад максимальной концентрации свинца с 38,4 до 30,4 мкг/л, но значительно превышает содержание данного показателя в 2013 г. (9,2 мкг/л).

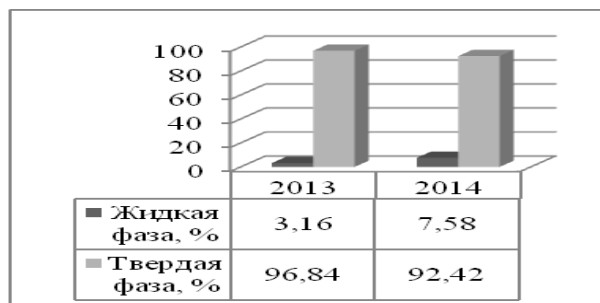


Рис. 4. Диаграмма миграции форм свинца в 2012-2014 гг.

Таблица 1. Средние значения и интервалы К(с) по свинцу в 2012-2015 гг.

Год	Жидкая фаза		Твердая фаза	
	Кс к фону	Кс к ПДК хоз.быт.вод.	Кс к фону	Кс к ПДК хоз.быт.вод.
2013	$7,72 \pm 5,12$	$0,08 \pm 0,05$	$0,89 \pm 0,36$	$2,36 \pm 0,96$
	$0,05 \div 88,85$	$0,00 \div 0,92$	$0,00 \div 6,73$	$0,00 \div 17,92$
2014	$1,79 \pm 0,93$	$0,33 \pm 0,17$	$2,36 \pm 0,68$	$4,08 \pm 1,18$
	$0,00 \div 20,53$	$0,00 \div 3,84$	$0,00 \div 12,34$	$0,00 \div 21,30$
2015	$52,75 \pm 15,09$	$0,53 \pm 0,15$		
	$0,00 \div 304,00$	$0,00 \div 3,04$		

Площади распространения свинца в твердой фазе в значительной степени локализованы и одна из них привязана к области района Дом Обороны, где источником загрязнения является Аккумуляторный завод, а другая к микрорайону Казарово, где наиболее вероятным источником поступления металла являются твердые виды топлива, используемые в частном секторе. Для жидкой фазы характерно распространение на большее расстояние от источника загрязнения. Можно выделить ряд участков, где распределение концентрирования свинца в такой форме в большей степени связано с автомагистралями, при этом данная форма является более значимой, чем миграция в твердой фазе.

Возрастание суммарного содержания свинца в 2014 г. (рис. 7, 8) получило отражение на картах изоконцентраций, области распространения как жидкой, так и особенно твердой фазы значительно увеличились и, по сути, занимают почти всю территорию города.

Возрастание суммарного содержания свинца в 2014 г. (рис. 7, 8) получило отражение на картах изоконцентраций, области распространения как жидкой, так и особенно твердой фазы значительно увеличились и, по сути, занимают почти всю территорию города.

Для объективной характеристики оценки опасности загрязнения территории города был рассчитан коэффициент концентрации (Кс), представляющий собой отношение концентрации свинца в исследуемых пробах к фоновой концентрации [21]. Использование коэффициента концентрации позволило исключить влияние различий во времени и условиях накопления снега и сравнивать результаты разных лет между собой. Средние значения и интервалы изменения коэффициентов концентрации представлены в табл. 1. Изучение распределения форм свинца в 2013 г. на территории города (рис 5 и 6) показало, что ореолы рассеяния свинца в жидкой и твердой формах существенно различаются.

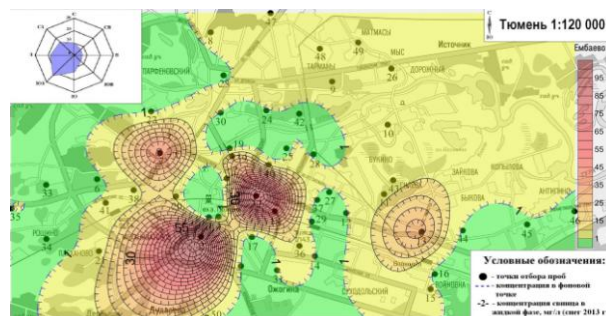


Рис. 5. Карта изоконцентраций К(с) свинца в жидкой фазе снежного покрова 2012-2013 гг.

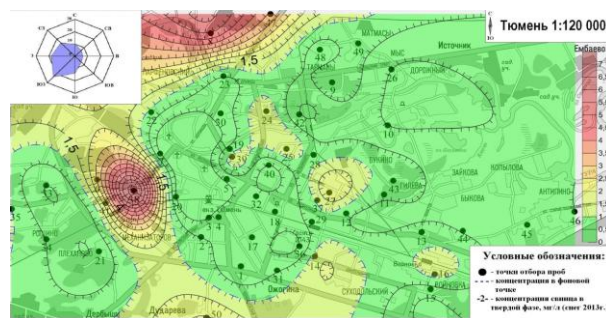


Рис. 6. Карта изоконцентраций К(с) свинца в твердой фазе снежного покрова 2012-2013 гг.

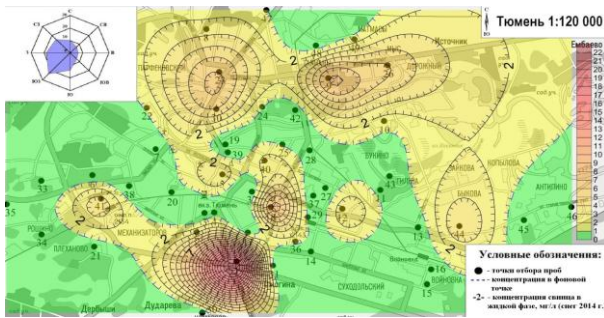


Рис. 7. Карта изоконцентраций  $K(c)$  свинца в жидкой фазе снежного покрова 2013–2014 гг.

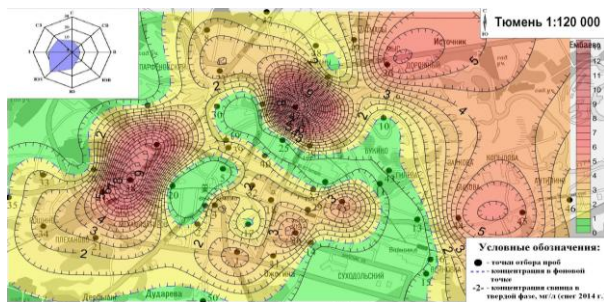


Рис. 8. Карта изоконцентраций  $K(c)$  свинца в твердой фазе снежного покрова 2013–2014 гг.

Как видно по результатам исследований в течение последних 3 лет большинство максимумов значения свинца и в той, и в другой фазе обусловлено выбросами предприятиями машиностроения и металлообработки, а также как основной поставщик свинца в атмосферу не сдает своих позиций автотранспорт. Несмотря на то, что в 2002 г. был введен запрет на использование этилированного топлива, в неэтилированном топливе хоть и на порядок меньше, но все равно продолжает содержаться свинец. К тому же г. Тюмень – один из самых автомобилизированных городов России, где на каждую тысячу жителей приходится примерно по 450 автомобилей, т.е. личный автомобиль почти у каждого второго. И это без учета транзитного транспорта, ежедневно въезжающего и выезжающего с территории города, образуя заторы и пробки, способствующие накоплению в атмосфере свинца, формальдегида, бензапирена и др. опасных веществ. Таким образом регулярные загрязнения в районе крупных автомагистралей объясняются транспортной обстановкой города.

**Выводы:** при анализе снегового покрова для получения объективных данных в результате мониторинга необходимо отдельно анализировать твердую и жидкую фазы снега, чтобы установить формы миграции загрязнителей и определить приоритетные источники загрязнения и область их воздействия. Большинство промышленных предприятий г.Тюмени и прилегающих территорий являются источниками загрязнения

атмосферного воздуха пылеаэрозолями. Ореол распространения пылевых загрязнений в значительной степени зависит от скорости и направления ветра, особенностей застройки, количества и частоты выпадения осадков. Установлено, что свинец мигрирует в атмосфере преимущественно в твердой фазе и основными источниками его поступления являются предприятия машиностроения, металлообработки и строительный комплекс и транспорт. При административном ранжировании районом с самой высокой антропогенной нагрузкой по свинцу является Калининский округ, районом с самой низкой является Ленинский АО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ревич, Б.А. «Горячие точки» химического загрязнения окружающей среды и здоровье населения России. – М.: Акрополь, 2007. 192 с.
2. Хомич, В.А. Экология городской среды : учеб. пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2002. 267 с.
3. Экогеохимия городских ландшафтов / под ред. Н.С. Касимова – М: изд-во МГУ, 1995. 336 с.
4. Гусейнов, А.Н. Экология города Тюмени: состояние, проблемы. - Тюмень: Издательская фирма «Слово», 2001. 176 с.
5. Бояркина, А.П. Аэрозоли в природных планшетах Сибири / А.П. Бояркина, В.В. Байковский, Н.В. Васильев. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 1993. 157 с.
6. Максютова, Е.В. Многолетние колебания толщины снежного покрова и максимальных снегозапасов на территории Предбайкалья // Лед и снег. 2013. №2 (122). С. 40
7. Петров, А.И. Закономерности формирования снегозапасов на заболоченном водосборе южно-таежной зоны Западной Сибири / А.И. Петров, Н.Г. Иншиев, Л.И. Дубровская // Вестник Томского гос. ун-та. 2012. № 360. С. 182–187.
8. Ермолов, Ю.В. Широтная изменчивость фоновых концентраций химических элементов в снеговом покрове Западной Сибири // Экология северных территорий. Мат-лы межд. Конгресса, Новосибирск, 17-20 января 2013 г. – Новосибирск: ЗАО ИПП «Офсет», 2012. С. 221-229.
9. Кокочкин, В.В. Оценка канцерогенных рисков здоровью населения по загрязнению снежного покрова городов юга Западной Сибири / В.В. Кокочкин и др. // Экология северных территорий. Мат-лы межд. Конгресса, Новосибирск, 17-20 января 2013 г. – Новосибирск: ЗАО ИПП «Офсет», 2012. С. 230-234.
10. Ранута, В.Ф. Сравнительная оценка состояния длительного загрязнения атмосферы и снегового покрова г. Новосибирска на сети стационарных постов Гидрометеослужбы / В.Ф. Ранута, В.В. Кокочкин, А.Ю. Девятова // Оптика атмосферы и океана. 2010. Т. 23, №6. С. 499-504.
11. Шергина, О.В. Биогеохимическое перераспределение свинца в урбоэкосистеме (на примере Иркутска) / О.В. Шергина, Т.А. Михайлова // Химия в интересах устойчивого развития 2011. № 19. С. 203-209.

12. Ларина, Н.С. Экогеохимия снежного покрова города Тюмени / Н.С. Ларина и др. // Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: тез. докл. IV Междунар. конф., г. Тюмень, 11-13 сент. 2013 г. – Тюмень, 2013. С. 96-98.
13. Козлова, В.В. Оценка экологического состояния города Тюмени по данным геохимического мониторинга снежного покрова / В.В. Козлова, Н.С. Ларина, С.И. Ларин, Е.В. Некрасова // Мат-лы сессии Всемирного снежного форума «Ресурсы и риски регионов с мерзлотой» - Иркутск, Изд-во института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. С. 45-48.
14. Гарманова, Т.В. Мониторинг загрязнения снежного покрова пылеаэрозолями в городе Тюмень / Т.В. Гарманова, Н.С. Ларина // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 7. С. 55-62.
15. Боев, В.А. Тяжелые металлы в снежном покрове Тюменского района Тюменской области / В.А. Боев, А.А. Лежнина // Вестник ТюмГУ. 2012. №7. С. 41-48.
16. Скипин, Л.Н. Содержание тяжелых металлов в атмосферных осадках юга Тюменской области / Л.Н. Скипин, Ю.А. Квашина, А.А. Ваймер и др. // Окружающая среда: тез. докл. – Тюмень, 2006. С. 54-68.
17. ГОСТ 17.2.2.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов»
18. РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»
19. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2013 году. – Тюмень, Правительство Тюменской области, 2014. 204 с.
20. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2014 году. - Тюмень, Правительство Тюменской области, 2014. 202 с.
21. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. 5174 – 90. — М.: ИМГРЭ, 1990. 9 с.

#### CHEMICAL AND ECOLOGICAL ASSESSMENT OF POLLUTION BY LEAD IN THE ATMOSPHERE OF TYUMEN CITY

© 2015 E.V. Krestyannikova, V.V. Kozlova, N.S. Larina, S.I. Larin

Tyumen State University

Article is devoted to the assessment the distribution of lead in the atmosphere of Tyumen city by results of geochemical snow-measuring during the winter periods from 2012 to 2015.

Key words: *monitoring, atmosphere, snow, lead, pollution source*

---

*Elizaveta Krestyannikova, Engineer at the Organic and Ecological Chemistry Department. E-mail: li3452@yandex.ru*

*Vera Kozlova, Engineer at the Geoecology Department. E-mail: ver1025@rambler.ru*

*Natalia Larina, Candidate of Chemistry, Professor at the Organic and Ecological Chemistry Department. E-mail: nslarina@yandex.ru*

*Sergey Larin, Candidate of Geography, Head of the Geoecology Department. E-mail: silarin@yandex.ru*