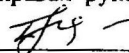


0-779340

На правах рукописи

 —

ШИШЛОВА НАТАЛЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА

**ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИЗЕМНОГО
ВОЗДУХА г.УССУРИЙСКА:
ЗАПЫЛЕННОСТЬ И ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ**

03.00.16 – экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Владивосток – 2009

Работа выполнена на кафедре химии и генетики ФГОУ ВПО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор,
Заслуженный деятель науки РФ
Христофорова Надежда Константиновна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Пшеничников Борис Федорович

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
Ковскова Лидия Тихоновна

Ведущая организация: Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Защита состоится 14 ноября 2009 г. в 13.00 ч на заседании диссертационного совета Д 212.056.02 при Дальневосточном государственном университете МОН РФ по адресу: 690091, г. Владивосток, ул. Октябрьская, 27, ауд. 435.

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 690091, г. Владивосток, ул. Октябрьская, 27, ком. 417, кафедра общей экологии.

Факс: (4232) 45-94-09 E-mail: marineecology@ Rambler.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Дальневосточного государственного университета.

Автореферат разослан «12» октября 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических

наук



Ю.А. Гальшева

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000620604

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Город Уссурийск Приморского края регулярно появляется в Приоритетном списке городов Российской Федерации с самым высоким уровнем загрязнения атмосферы. Основным компонентом загрязнения воздуха в Уссурийске являются взвешенные вещества (Государственный доклад..., 2003; Обзор загрязнения..., 2004, 2005). Согласно исследованиям последних лет, именно загрязнение воздуха взвешенными веществами является главным фактором риска для здоровья людей, проживающих в крупных российских городах (Государственный доклад..., 2000). В зоне с высокой запыленностью проживает более 50 млн человек (Ревич, 2004).

Специфика загрязнения воздушного бассейна Уссурийска состоит в наличии большого числа мелких котельных (в городе нет крупной ТЭЦ), использующих бурый уголь, являющийся низкокачественным топливом с высокой зольностью. Город отличается большим количеством транспортных средств (4 авто на 10 жителей), со сроком эксплуатации более 10 лет - почти 70% от общего числа автомобилей. Вклад в загрязнение воздушного бассейна города вносят также железная дорога, промышленные предприятия, почвенная эрозия. Через центр Уссурийска пролегает федеральная трасса Владивосток-Хабаровск, что обуславливает плотный поток транзитного транспорта, создающего на своих маршрутах линейные очаги пыления и поднимающего в воздух значительное количество твердых частиц с поверхности проезжих участков дорог. Взвешенные вещества служат носителями тяжелых металлов как техногенного (Zn, Pb, Cu, Ni, Cd, Cr), так и терригенного происхождения (Fe, Mn). Источниками поступления Zn, Cu, Cr в состав пыли являются промышленные предприятия города (локомотиворемонтный, авторемонтный, машиностроительный заводы, гальванические цеха железнодорожных предприятий и др.), Pb и Cd – автотранспорт, Ni – жидкое топливо. Некоторые из этих элементов могут быть токсичными, другие – являются физиологически необходимыми. Поэтому при выборе металлов мы исходили из характера источников выбросов и биологической значимости элементов.

Неблагополучная экологическая ситуация усугубляется физико-географическими условиями: расположением города в котловине, преимущественно безветренной погодой, малой снежностью зим, концентрированием выбросов над городом из-за температурных инверсий.

Для оценки качества приземного воздуха используется как химический, так и биологический контроль, под которым понимается применение растений с развитой

листовой поверхностью, способных сорбировать на ней частицы пыли и аккумулировать в листовых пластинках загрязняющие вещества. Среди травянистых растений широко используются как индикаторы загрязнения воздушной среды одуванчики, в числе которых наиболее распространенным является одуванчик лекарственный (Шихова, 1997; Соболева, 2003; Клинская, 2005). Нами использованы оба подхода: как прямое определение загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами, так и определение накопления их одуванчиками.

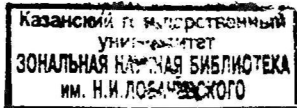
В городе имеется единственный пост контроля состояния среды (где из контролируемых нами тяжелых металлов определяются только свинец), который не дает полной картины степени запыленности и содержания в атмосферном воздухе тяжелых металлов. Поэтому нами расширено как количество постов наблюдения (до пяти), так и количество определяемых элементов.

Цель и задачи исследования. Цель работы - дать химико-экологическую оценку приземного воздуха г. Уссурийска по степени запыленности и содержанию в пыли тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Ni, Fe, Mn, Cd, Cr) с использованием химических методов контроля и биоиндикации.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Изучить пространственное распределение, сезонную и межгодовую изменчивости содержания пыли и тяжелых металлов в приземном воздухе г. Уссурийска и оценить степень их токсичности, используя в качестве критерия санитарно-гигиенический норматив ПДК_{с.с.}
2. Определить содержание тяжелых металлов в составе пыли приземного воздуха города.
3. Определить содержание тяжелых металлов в одуванчике лекарственном и оценить с помощью организма-биоиндикатора загрязнение приземного воздуха в городах Уссурийске, Владивостоке и Биробиджане.

Научная новизна работы. Расширены территория и круг изучаемых тяжелых металлов в приземном воздухе г. Уссурийска. Показано, что среднемесячные концентрации пыли в центре города превышают ПДК_{с.с.} в 1,1-3,2 раза, свинца - в 1,1-2,3 раза.



Концентрации пыли и тяжелых металлов в приземном воздухе города увеличиваются в холодный период года, что обусловлено малой снежностью зим, температурными инверсиями и использованием бурого угля в качестве топлива.

По долевого содержанию тяжелых металлов в составе пыли приземного воздуха г.Уссурийска техногенные металлы (Zn, Pb) преобладают над терригенными (Fe, Mn), что говорит о высоком промышленном загрязнении пыли.

Концентрации Pb, Cd и особенно Fe в листовых пластинах одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) заметно превышают диапазон нормального содержания микроэлементов в листьях травянистых растений (Орлов и др., 2002), что говорит об избыточном поступлении этих элементов в одуванчики, растущие вдоль дорог Уссурийска.

Практическая значимость работы. Результаты работы представляют интерес для санитарно-эпидемиологической службы г.Уссурийска, учреждений здравоохранения и природоохранных служб. Они востребованы отделом экологии администрации города для принятия природоохранных решений.

Полученные данные используются в лекционных курсах «Охрана биосферы при химическом загрязнении», «Экология города», «Экология человека» в Уссурийском государственном педагогическом институте (УГПИ), «Экологическая химия» в Приморской государственной сельскохозяйственной академии (ПГСХА).

Защищаемые положения:

1. Концентрации металлов и пыли в воздухе города Уссурийска возрастают в холодный период года. по сравнению с теплым, что вызвано редким выпадением осадков в зимнее время, застоем воздушных масс, приземными инверсиями и возрастанием выбросов от котельных.

2. Как химический анализ приземного воздуха г.Уссурийска, так и биологический контроль показали самые высокие концентрации тяжелых металлов на посту № 1, характеризующемуся прессом автотранспорта на главной магистрали города и выбросами находящейся рядом с ним крупной объединенной котельной №5, работающей на смешанном топливе.

Апробация работы. Основные результаты работы были доложены и обсужданы на следующих конференциях: «Природопользование на Дальнем Востоке России», Хабаровск, 2006; «Молодые ученые – агропромышленному комплексу Дальнего Востока», Уссурийск, 2006; «Молодежь и наука XXI века», Ульяновск, 2007; «Молодые ученые – агропромышленному комплексу Дальнего Востока», Уссурийск, 2007; «Вавиловские чтения – 2007», Саратов, 2007; «Молодые

ученые – агропромышленному комплексу Дальнего Востока», Уссурийск, 2008; «Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения», Санкт - Петербург, 2008; «Молодые ученые – агропромышленному комплексу Дальнего Востока», Уссурийск, 2009; на международном симпозиуме «Мировое сельское хозяйство: современное состояние, актуальные проблемы и тенденции в развитии», Уссурийск, 2008; семинарах ПГСХА и ДВГУ, 2008, 2009.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 работ.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, 3 глав, выводов, списка литературы (190 источников, в том числе 49 иностранных), 17 приложений. Изложена на 142 стр., иллюстрирована 17 рисунками и 28 таблицами.

Благодарности. Автор глубоко благодарен научному руководителю Н.К. Христофоровой, д.б.н., профессору, Заслуженному деятелю науки РФ за постановку задачи, ценные советы, критические замечания и поддержку на всех этапах работы.

Особую благодарность автор выражает сотрудникам кафедры химии и генетики ФГОУ ВПО ПГСХА за помощь, неизменное дружеское участие и поддержку.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Взвешенные вещества и тяжелые металлы в атмосферном воздухе: поступление, трансформация, миграция, биоиндикация (обзор литературы)

В главе обсуждаются происхождение взвешенных веществ в атмосфере, их физико-химические свойства; поступление тяжелых металлов в приземный слой воздуха; их трансформация, миграция в атмосфере в зависимости от экологических факторов; биологическое действие; гигиеническое действие различных видов пыли. Рассмотрены также возможность использования аккумулирующих организмов – индикаторов для оценки загрязнения наземно-воздушной среды и особенности накопления тяжелых металлов растениями.

Глава 2. Район работ. Материалы и методы.

Уссурийск – третий по численности населения (после Владивостока и Находки) город Приморского края - 154,8 тыс. чел. (2007). Он является административным центром Уссурийского городского округа – 183,0 тыс. чел. (2008), городом стал в 1898 г.

Объектами исследования в работе явились приземный слой атмосферного воздуха и биоиндикатор загрязнения воздушной среды, представитель семейства

Астровых (*Asteraceae*) – одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), наиболее распространенный вид рода *Taraxacum* на исследуемой территории.

Посты отбора проб для исследования степени загрязнения атмосферного воздуха и растений были выбраны так, чтобы охватить как чистые районы, так и места с интенсивным воздействием на окружающую среду предприятий города и автотранспорта (рис. 1). При выборе мест отбора проб учитывалась важность их расположения вблизи наиболее загруженных транспортных артерий, поскольку в Государственном докладе «О санитарно-гигиенической обстановке в 2006 году» обращается внимание на наибольшую загрязненность атмосферного воздуха вблизи автомагистралей, особенно высокую в Дальневосточном федеральном округе.

Пост № 1 расположен на въезде в город в северном его районе на ул. Некрасова, вблизи китайского рынка и самой крупной объединенной котельной №5, работающей на смешанном топливе с преимущественным использованием бурого угля с высокой зольностью. Основным источником загрязнения является автотранспорт, так как по ул. Некрасова движется весь транзитный поток автомобилей, направляясь в южные районы Приморья и в сам Уссурийск. Пост относится к категории «авто».

Пост № 2. Он находится на выезде из города в южном промышленном районе на Владивостокском шоссе. Основной источник загрязнения – автотранспорт, пост относится к категории «авто».

Пост № 3. Этот пост расположен в центре города, на перекрестке улиц Краснознаменной и Чичерина, в районе жилых и административных зданий с интенсивным движением автотранспорта. Пост условно отнесен нами к «авто». Здесь же расположен пост контроля государственной службы мониторинга состояния среды.

Пост № 4 расположен на ул. Садовой, на перекрестке с проспектом Блюхера. По направлению к северо-западу на расстоянии 800 м от него находится локомотиворемонтный завод (ЛРЗ), в 500 м на запад – железная дорога. Пост условно «промышленный».

Пост № 5. Самый чистый участок из контролируемых. Расположен в районе Дубовой рощи, на удалении 500 м на запад – городская детская больница. Он принят за «фоновый».

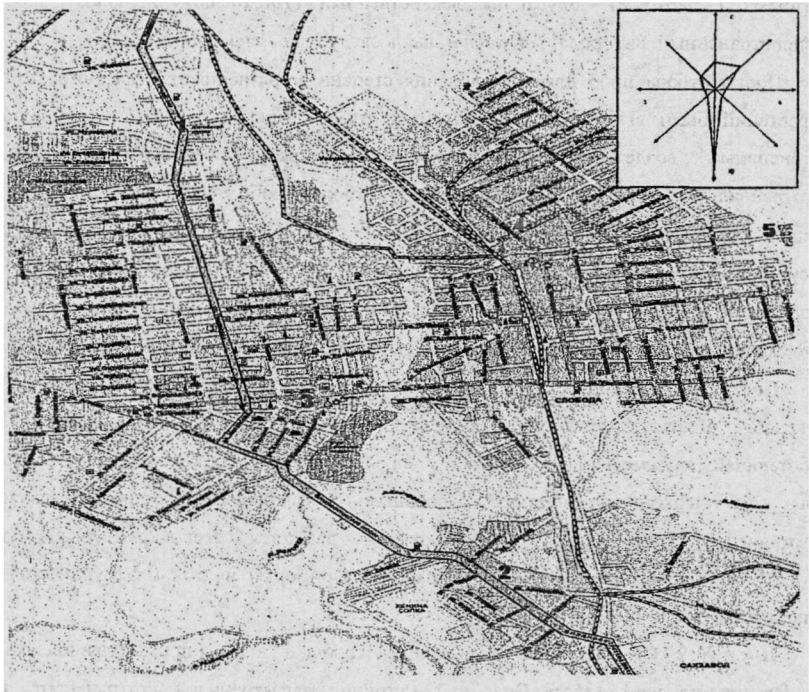


Рис. 1. Схема г. Уссурийска и расположения постов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха

Отбор проб воздуха для определения концентрации пыли и тяжелых металлов осуществляли в соответствии с РД 52.04.186-91 путем аспирации через аэрозольный фильтр (АФА-ХП-160). Во время отбора определяли также направление ветра, атмосферное давление, температуру воздуха. Для нахождения массовой концентрации пыли в атмосферном воздухе использовали гравиметрический метод. Подготовку проб к анализу на содержание металлов проводили путем кислотного, затем сухого озонения фильтров со взвесью в муфельной печи при температуре 400-450°C с последующим растворением золы азотной кислотой и анализировали атомно-абсорбционным методом.

Пробы одуванчиков собирали в сухую погоду в июне 2008 г. Пробоподготовку к анализу на содержание тяжелых металлов выполняли согласно ГОСТ 30692-2000, проводя кислотную минерализацию сухих измельченных листовых пластинок растений. Упаренные до сухих солей минерализаты растворяли в 10 мл 2%-ной азотной кислоты (осч) и анализировали атомно-абсорбционным методом.

Анализ проб воздуха и растений на содержание металлов проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы «Shimadzu» AA-6601F в пламенном режиме. Атомизатором служила одношелевая горелка, пламя – ацетилен/воздух. Для построения градуировочных графиков использовали государственные стандартные образцы, утвержденные Госстандартом России. Правильность и точность результатов контролировали систематическим анализом стандартных образцов, возможное загрязнение проб в ходе анализа – регулярными холостыми пробами.

Для математической обработки результатов использовали пакеты прикладных программ Excel и Statistica.

В ходе работы проанализировано 2225 проб приземного воздуха и 32 пробы одуванчика лекарственного. Всего выполнено более 18 000 элемент-определений.

Глава 3. Оценка степени запыленности приземного воздуха и содержание в пыли тяжелых металлов (результаты и обсуждение)

3.1. Нормирование качества воздуха

В данном разделе сделан обзор санитарно-гигиенических нормативов загрязнения атмосферного воздуха.

3.2. Источники поступления пыли и тяжелых металлов в воздушный бассейн Приморского края и г. Уссурийска

Основными загрязнителями воздушного бассейна Приморского края являются производственные объекты и автотранспорт, доля выбросов от которого составляет в крае 35%, по городам Приморья: Находка – 51%, Владивосток – 51%. Лидирующее место занимает Уссурийск – более 60% (Об экологической обстановке..., 2008).

3.2.1. Источники загрязнения приземного воздуха г. Уссурийска

Уссурийск нельзя строго разделить на зоны по видам использования городской территории: промышленная и селитебные зоны сомкнулись между собой. В черте города оказались такие крупные промышленные предприятия как масложиркомбинат, локомотиворемонтный завод (ЛРЗ), авторемонтный завод (АРЗ), имеющие мощные котельные, объединенная котельная №5 – главная котельная города и другие производственные объекты.

Немалый вклад (около 35%) в загрязнение воздушного бассейна города вносят стационарные источники (табл. 1), главными из которых являются котельные крупных предприятий и теплоэнергетический комплекс «Примтеплоэнерго», объединяющий 35 котельных и ряд кочегарок (около 400). Все они технически

несовершенны, не имеют очистительных фильтров, выбрасывают при работе золу, угольную пыль, сажу (Социально-экономическое..., 2006).

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников в атмосферный воздух (тыс. т)
(Об экологической обстановке..., 2008)

Города	2002	2004	2005	2006	2007
Приморский край	300,6	256,4	259,6	236,5	227,5
Владивосток	58,3	49,4	55,2	57,4	55,1
Уссурийск	28,4	23,8	24,4	17,1	14,3
Спасск-Дальний	9,2	8,0	6,1	5,8	10,7

Анализ статистических данных за 2002-2007 гг. выявляет уменьшение доли выбросов в атмосферу от стационарных источников в г. Уссурийске. Это достигнуто благодаря введению в эксплуатацию системы очистки отходящих газов на котельной № 5, котельных на локомотиворемонтном заводе (ЛРЗ) и масложиркомбинате, расположенных в черте города.

Специфика загрязнения воздушного бассейна Уссурийска, несмотря на общность причин, характерных для городов всего мира (топливная энергетика и автотранспорт), состоит в использовании бурого угля, в основном, Лучегорского, Павловского и Реттиховского месторождений, который является низкокачественным топливом с высокой зольностью (зольность угля Лучегорского месторождения 21,8%, Реттиховского—38,5%, Павловского - 25,4% (Проект ПримГРЭС, 1986; Христофорова, 2005)), а также большого количества подержанных иномарок.

Основным источником загрязнения воздуха в городе в настоящее время является городской и транзитный транспорт, доля выбросов которого в атмосферу за время с 2002 по 2007 гг. увеличилась с 37% до 60% (Социально-экономическое..., 2006; Приморский край..., 2008).

3.3. Пространственное распределение пыли и тяжелых металлов в приземном воздухе г. Уссурийска

Сведения о содержании пыли и тяжелых металлов в воздухе на постах наблюдения за период с 2005 по 2009 гг. позволили выявить наиболее загрязненные районы города.

3.3.1. Пространственное распределение пыли. В течение пяти последних лет средние за год концентрации пыли в черте города находились в пределах 0,156-0,270 мг/м³, что соответствует 1,04-1,80 ПДК_{с.с.}. Концентрации взвешенных веществ

в фоновом районе лежали в пределах $0,02-0,04 \text{ мг/м}^3$, что в 6,8-7,8 раза ниже, чем в черте города (рис. 2).

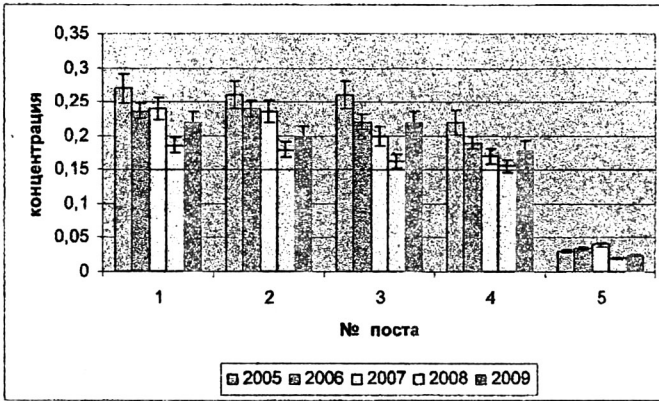


Рис. 2. Среднегодовые концентрации пыли в приземном воздухе г. Уссурийска за 2005-2009 гг., мг/м^3 (Шишлова, 2007, 2008).
Чертой выделена ПДК_{с.с.}= $0,15 \text{ мг/м}^3$

Наибольший уровень загрязнения приземного воздуха пылью прослеживался в районе постов 1 и 2, расположенных вблизи оживленных автомагистралей. Среднегодовые концентрации взвешенных веществ здесь изменялись в пределах $0,186-0,270 \text{ мг/м}^3$ и $0,180-0,260 \text{ мг/м}^3$ соответственно.

2008 г. был наиболее «чистым» по степени запыленности. Среднегодовые концентрации пыли изменялись от $0,156$ до $0,186 \text{ мг/м}^3$ и превышали ПДК_{с.с.} в 1,04-1,24 раза. Главным фактором, способствовавшим этому, был рано выпавший снег, который сохранялся до весны.

3.3.2. Пространственное распределение тяжелых металлов в приземном воздухе. С 2005 по 2009 гг. в Уссурийске установлено высокое загрязнение атмосферного воздуха свинцом (до 2,3 ПДК_{с.с.}). По другим металлам (Cu, Ni, Zn, Fe, Mn, Cd, Cr) превышения санитарных норм не выявлено.

Проанализировав пространственное распределение металлов в приземном воздухе города, можно отметить следующие выявленные закономерности:

- наибольший техногенный пресс испытывают районы, примыкающие к постам 1-3, незначительно меньший – в районе поста 4;

- среднегодовые концентрации всех контролируемых тяжелых металлов в воздухе фоновом районе (пост 5) более чем на порядок величин ниже, чем в черте города (посты 1-4);

- для хрома отмечено кратковременное локальное загрязнение, не выходящее за рамки ПДК_{с.с.}, являющееся следствием влияния локомотиворемонтного завода;

- валовые концентрации всех контролируемых тяжелых металлов находятся в прямой зависимости от концентрации пыли в воздухе. Так, в 2008 г. запыленность приземного воздуха была ниже и, как следствие, концентрации тяжелых металлов в этом году также были меньше. Корреляционный анализ подтвердил высокую положительную связь между концентрациями тяжелых металлов и пыли в приземном воздухе города (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между содержанием тяжелых металлов в приземном воздухе и концентрацией пыли

Металл	Коэффициент корреляции	Металл	Коэффициент корреляции
Свинец	0,98	Марганец	0,93
Цинк	0,88	Никель	0,92
Медь	0,84	Хром	0,80
Железо	0,90	Кадмий	0,92

3.4. Сезонная изменчивость содержания пыли и тяжелых металлов в приземном воздухе г. Уссурийска

Изучение годового хода содержания пыли в воздухе города выявило явное увеличение запыленности атмосферы в холодный период года по сравнению с теплым (рис. 3).

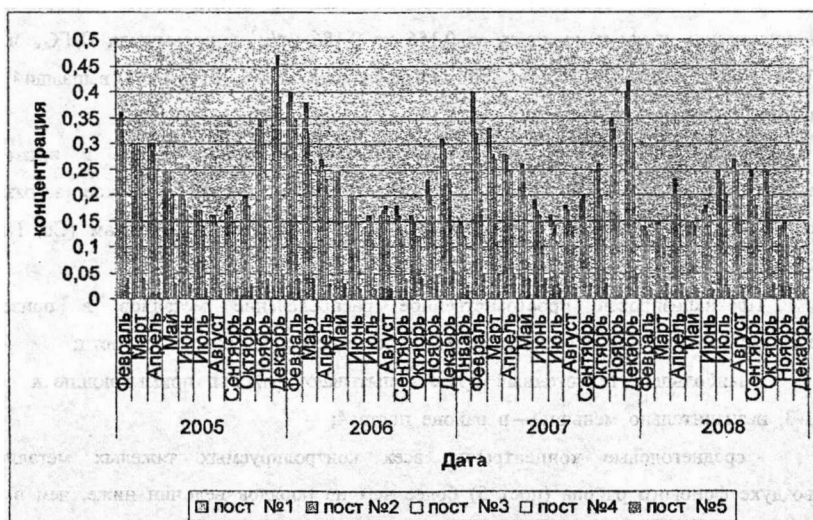


Рис. 3. Среднемесячные концентрации пыли в воздухе различных районов г.Уссурийска, мг/м³ (ПДК_{с.с.}=0,15 мг/м³) (Шишлова, 2007, 2008)

Максимальное содержание пыли в атмосфере в холодное время года обусловлено значительным загрязнением приземного воздуха твердыми частицами от котельных, а также особенностью атмосферной циркуляции в зимние месяцы и активизацией ветровой эрозии почвы и горных пород, не защищенных снежным покровом и растительностью, что характерно для г. Уссурийска. Именно снежный покров в районах с континентальным типом климата препятствует поступлению пылевых частиц в атмосферу в холодный период года, в то время как интенсивность автомобильного потока, несколько снижаясь, остается на высоком уровне и в зимние месяцы.

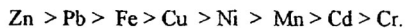
Расположение г. Уссурийска в котловине ухудшает условия рассеивания загрязняющих веществ и способствует образованию зоны температурных инверсий: зимой загрязненный слой воздуха «прижимается к земле», особенно в период установления восточно-сибирского антициклона (декабрь, январь).

Изучение сезонной изменчивости концентраций металлов в атмосферном воздухе города Уссурийска выявило повышенный их уровень в холодный период года и снижение в летние месяцы, что коррелирует с годовым ходом содержания взвешенных веществ.

3.5. Содержание тяжелых металлов в составе пыли приземного воздуха г. Уссурийска

Пересчет концентраций металлов в воздухе на их количество во взвешенных веществах позволил получить представление о долевого содержании химических элементов в атмосферной пыли г. Уссурийска.

Ряд металлов по степени возрастания концентрации в пыли в центре города (посты 1-3) в холодный период выглядит следующим образом:

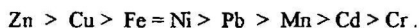


В теплый период последовательность элементов на этих же постах несколько изменяется, по-видимому, из-за активного использования стоявшего зимой личного автотранспорта: $\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Fe} = \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Mn} > \text{Cd} > \text{Cr}$.

Как можно видеть, в этих рядах Zn, Pb, Fe превалируют над всеми остальными металлами (Шишлова, 2007, 2008).

Резких различий в пространственном распределении содержания тяжелых металлов в составе пыли в черте города не отмечено. Однако на посту 4, принятом нами за «промышленный», иногда Cr передвигается с последнего места на предпоследнее: $\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Fe} > \text{Cu} = \text{Ni} > \text{Mn} > \text{Cr} > \text{Cd}$.

Распределение тяжелых металлов в составе пыли фонового района (пост 5) в холодный период выглядит следующим образом:



В теплый период года последовательность незначительно изменяется за счет смены мест Fe и Cu: $\text{Zn} > \text{Fe} = \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Mn} > \text{Cd} > \text{Cr}$.

В фоновом районе в теплый период года в составе пыли на второе место после лидирующего Zn выходит Fe, что, по-видимому, связано с уменьшением выбросов взвешенных веществ в приземный воздух от труб частного сектора.

По всем контролируемым постам отмечена стабилизация доли свинца в составе пыли на уровне 0,1%, что, несомненно, связано с уменьшением использования этилированного бензина – основного источника загрязнения воздуха свинцом. Однако постоянное вторичное загрязнение приземного воздуха придорожной пылью удерживает этот показатель на высоком уровне.

Содержание никеля в пыли имеет тенденцию к увеличению с 0,095% в 2005 г. до 0,125% в 2009 г., что, очевидно, обусловлено как увеличением числа транспортных средств, так и введением в строй объединенной котельной №5, работающей на смешанном топливе.

Концентрация меди в составе взвешенных веществ держится на уровне 0,1% в черте города, без изменения в сторону увеличения или уменьшения и имеет тенденцию к уменьшению с 0,069% до 0,040% в фоновом районе.

Содержание цинка в составе пыли также постепенно снижается. Так, на постах 1-4 произошло снижение его доли во взвеси с 0,155% до 0,096%, в фоновом районе - с 0,127% до 0,090%, что, возможно, произошло за счет увеличения относительной доли никеля.

Доля кадмия в составе пыли в 2005-2007 гг. сохранялась на одном уровне (0,150%-0,165%); и лишь в 2008 г. произошло небольшое снижение, вызванное, по-видимому, снежной зимой, устойчивым снежным покровом, и, как следствие, снижением числа используемых в это время автомобилей.

Содержание хрома в составе приземной пыли в 2005-2008 гг. было постоянным и составляло в среднем 0,07%, за исключением периодов локальных загрязнений. Так, в октябре 2005 г. на посту 2 наблюдалось увеличение доли металла в пыли до 0,012%, в 2009 г. в районе поста 4 в феврале – до 0,019%, в марте – до 0,016%.

Количество железа в составе взвешенных веществ за весь период наблюдений и на всех постах в черте города находилось на уровне 0,094-0,100%, фоновая концентрация была несколько ниже - 0,060-0,070%.

Содержание марганца в составе пыли сохраняло постоянство на уровне 0,048-0,050% в черте города и 0,039-0,042% - в фоновом районе.

Концентрации тяжелых металлов в составе атмосферной пыли характеризуются сезонной изменчивостью. В теплый период года, как в центре города, так и в фоновом районе, наблюдается более низкая их концентрация в пыли (табл. 3), что, несомненно, связано со снижением выброса взвешенных веществ котельными и поглощением пыли растительным покровом.

Таблица 3

Элемент	Среднее долевое содержание металлов в атмосферной пыли (в %)			
	Холодный период года		Теплый период года	
	Центр города	Фоновый район	Центр города	Фоновый район
Pb	0,145±0,009	0,055±0,007	0,120±0,010	0,047±0,004
Zn	0,170±0,017	0,100±0,012	0,135±0,008	0,110±0,015
Cu	0,115±0,009	0,072±0,004	0,092±0,006	0,065±0,003
Ni	0,110±0,012	0,070±0,006	0,095±0,009	0,055±0,006
Fe	0,120±0,010	0,070±0,006	0,095±0,007	0,065±0,006
Mn	0,050±0,004	0,041±0,004	0,047±0,004	0,035±0,004
Cd	0,0185±0,0009	0,0095±0,0008	0,0145±0,0009	0,009±0,0008
Cr	0,0075±0,0005	0,005±0,0004	0,0075±0,0005	0,0046±0,0004

Повышение концентраций металлов в пыли с ноября по март, по-видимому, обусловлено увеличением объема сжигаемого топлива, а также усилением приземных инверсий, удерживающих частички загрязняющих веществ над городом и способствующих распространению их из промышленных районов в соседние зоны.

3.6. Содержание тяжелых металлов в одуванчике лекарственном

Концентрации Pb, Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Ni, Cr в одуванчиках Уссурийска представлены в табл. 4.

Таблица 4

Пост	Концентрации тяжелых металлов в листьях <i>T. officinale</i> , мкг/г сух. массы							
	Pb	Zn	Ni	Cd	Fe	Mn	Cu	Cr
1	13,5±0,5	49,5±0,7	2,7±0,2	0,5±0,02	480,0± 3,0	114,6± 0,5	23,5± 0,5	-
2	11,5±0,2	54,8±0,8	3,6±0,2	0,3±0,02	342,0± 2,3	86,8±0,4	21,4± 0,2	0,1± 0,01
3	9,65±0,4	43,4±0,6	1,8± 0,15	0,3±0,02	396,0± 4,2	56,8±0,3	18,9± 0,1	-
4	8,9±0,38	52,4±0,7	2,5±0,1	0,3±0,02	360,0± 2,5	49,6±0,3	12,6± 0,2	0,3± 0,01
5	0,8±0,03	21,0±0,2	0,3± 0,02	0,1±0,01	294,0± 3,2	36,6±0,2	5,4±0,1	-

Примечание: "-" - не обнаружено

Известный почвовед и биогеохимик Д.С. Орлов с соавторами (2002) на основании очень большой выборки предложил диапазоны нормального содержания микроэлементов в листьях различных травянистых растений (табл. 5).

Таблица 5

Среднее содержание микроэлементов в листьях различных травянистых растений, мкг/г сух. массы (Орлов и др., 2002 с дополнением)

Элемент	Нормальное содержание	Элемент	Нормальное содержание
Cd	0,05-0,2	Mn	200-300
Cr	0,1-0,5	Ni	0,1-5
Cu	5-30	Pb	5-10
Fe	30-250*)	Zn	27-150

Примечание: *) – цифра взята из: Ковальский, 1974.

Как видно, количество Cu, Ni, Zn, Mn, Cr (табл. 4) в листьях одуванчиков в Уссурийске укладываются в диапазон нормального содержания. Однако концентрации этих элементов в растениях, произрастающих в районах с различной техногенной нагрузкой, заметно различаются. В чистой зоне (пост 5) содержание Cu, Ni, Zn ближе к нижнему значению диапазона нормальных величин в листьях растений. Mn не достигает минимального значения. На постах с интенсивной техногенной нагрузкой (1, 2) количество меди и никеля в растениях одуванчика приближается к верхнему пределу нормы, содержание Zn находится ниже среднего значения указанного диапазона. Концентрация марганца в одуванчике на данных постах в 3 раза выше, чем в фоновом районе, но не достигает нижнего предела нормального содержания. Концентрации Pb и Cd, выявленные в ходе биологического контроля, выходят за пределы предложенной Орловым с коллегами нормы: Cd – на всех постах в черте города, Pb – в местах интенсивной техногенной нагрузки (посты 1 и 2). В растениях, собранных на постах 3 и 4, концентрация свинца близка к верхнему пределу нормального содержания.

В чистой зоне (пост 5) содержание кадмия лежит в пределах нормы, но в два раза превышает её минимальное значение, Pb – значительно ниже нормы.

В листьях одуванчика выявлено аномально высокое содержание железа. Известно, что на поглощение химических элементов растениями влияют не только физиологическая потребность, но и природные факторы. К ним относятся: уровень инсоляции, колебания температуры, количество выпадающих осадков. Как отмечали Орлов и др. (2002), в засушливые годы в растениях преобладает железо, во влажные – марганец. Известно, что с уменьшением освещенности (пасмурность, облачность) растения, поддерживая уровень фотосинтеза, аккумулируют дополнительное количество марганца (Удельнова и др., 1977; Христофорова, 1989).

Лето 2008 г. в г. Уссурийске было очень сухим, возможно, им и обусловлено высокое содержание железа в листьях одуванчика.

Результаты биологического контроля качества воздуха согласуются с данными химического анализа, о чем свидетельствуют высокие положительные значения коэффициентов корреляции между содержанием тяжелых металлов в приземном воздухе и в листьях одуванчиков (табл.6).

Таблица 6

Коэффициенты корреляции между содержанием тяжелых металлов в приземном воздухе и их концентрацией в листьях одуванчика в г. Уссурийске

Металл	Коэффициент корреляции	Металл	Коэффициент корреляции
Свинец	0,95	Марганец	0,62
Цинк	0,97	Никель	0,88
Медь	0,90	Хром	-
Железо	0,98	Кадмий	0,70

Примечание: "-" - коэффициент корреляции не рассчитан.

Для Mn низкий коэффициент корреляции связан, очевидно, с тем, что этот физиологически значимый элемент, чрезвычайно важен для фотосинтеза и регулируется растениями. Для Cd низкий коэффициент корреляции, по-видимому, связан с поступлением этого подвижного элемента из почвы.

Выводы

1. Установлено, что в годы наблюдений (2005 - 2009 гг.) в г.Уссурийске отмечалось высокое загрязнение приземного воздуха пылью, среднемесячные концентрации которой в черте города превышали ПДК_{с.с} в 1,1-3,2 раза, концентрации свинца - в 1,1-2,3 раза.
2. Выявлено, что концентрации пыли и металлов в воздухе возрастают в холодный период года. по сравнению с теплым, что вызвано, по-видимому, с возрастанием техногенных выбросов от работающих котельных, редким выпадением осадков в зимнее время, застою воздушных масс, приземными инверсиями.
3. Показано, что концентрации тяжелых металлов в воздухе находятся в прямой зависимости от содержания пыли, которая является их носителем.
4. Отмечена стабилизация доли свинца в составе пыли во всех контролируемых районах города. Для Zn, Cd, Cu наметилась тенденция к уменьшению, для Ni – к увеличению; терригенные элементы Mn и Fe сохраняют постоянную концентрацию; содержание Cr зависит от локальных выбросов.

5. Найдено, что ряд содержания тяжелых металлов в листьях биоиндикатора одуванчика лекарственного по мере убывания концентраций выглядит следующим образом: $Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Cd > Cr$. В этом ряду на первом месте находятся терригенные металлы (Fe, Mn), являющиеся важнейшими элементами, обеспечивающими протекание физиолого-биохимических процессов в растениях.
6. Концентрации Mn, Cu, Zn, Ni, Cr в листовых пластинах одуванчика лекарственного, собранного вдоль дорог города, находятся в пределах среднего содержания микроэлементов в листьях травянистых растений. Pb, Cd и особенно Fe заметно превышают его, что обусловлено техногенным и терригенным загрязнением воздуха, и коррелирует с содержанием данных тяжелых металлов в приземном слое воздуха г. Уссурийска.
7. Выявлено, что содержание Pb и Ni в одуванчиках г. Уссурийска в 1,25 раза, Zn - в 1,9 раза, Cd - в 3,85 раза ниже, чем в одуванчиках, произрастающих вдоль дорог г. Владивостока, и выше Pb - в 1,4 раза, Zn - в 1,16 раза, Ni - в 3 раза, чем в одуванчиках г. Биробиджана. Уровни содержания Cd в *T. officinale* г. Уссурийска и г. Биробиджана совпадают.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах

1. Шишлова Н.А., Христофорова Н.К. Оценка загрязнения приземного воздуха города Уссурийска по содержанию тяжелых металлов в одуванчике лекарственном//Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2009. №4. С. 81-84.

Работы, опубликованные в материалах научных конференций и сборниках научных трудов

2. Шишлова Т.М., Шишлова Н.А. Влияние автотранспорта на миграционный цикл свинца//Совершенствование средств механизации и их использование на Дальнем Востоке. Сборник научных трудов ИМСХ. – Уссурийск: изд-во ПГСХА, 2004. С.95-97.
3. Шишлова Т.М., Шишлова Н.А. Техногенное воздействие на атмосферный воздух//Актуальные вопросы конструирования, эксплуатации и сервиса механических, пневматических и электротехнических устройств сельскохозяйственного назначения. Сборник научных трудов института механизации сельского хозяйства (ИМСХ). – Уссурийск: изд-во ПГСХА, 2005. С.153-155.
4. Шишлова Т.М., Шишлова Н.А. Атмосферный воздух и здоровье человека//Материалы научной конференции «Природопользование на

- Дальнем Востоке России». – Хабаровск: Изд-во ИВЭП ДВО РАН, 2006. С. 126-127.
5. Шишлова Н.А. Атмосферные аэрозоли в городских условиях//Молодые ученые – агропромышленному комплексу Дальнего Востока. Материалы межвузовской научно-практической конференции аспирантов, молодых ученых и специалистов. Вып. 7. - Уссурийск: изд-во ПГСХА, 2006. С. 263-265.
 6. Шишлова Н.А. Загрязняющие вещества в воздухе г.Уссурийска//Молодежь и наука XXI века. Материалы II Открытой Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Ч. 1. - Ульяновск: изд-во УГСХА, 2007. С. 26-29.
 7. Шишлова Н.А. Медь, цинк, никель в окружающей среде//Материалы конференции, посвященной 120-й годовщине со дня рождения академика Н.И.Вавилова «Вавиловские чтения – 2007». Ч. 1. - Саратов: Научная книга, 2007. С.211-212.
 8. Шишлова Н.А. Атмосферный кадмий – реальная угроза для растений//Материалы международного симпозиума, посвященного 50-летию ФГОУ ВПО ПГСХА «Мировое сельское хозяйство: современное состояние, актуальные проблемы и тенденции в развитии». - Уссурийск: изд-во ПГСХА, 2008. С.118-121.
 9. Шишлова Н.А. Влияние металлического загрязнения окружающей среды на растения// Молодые ученые – агропромышленному комплексу Дальнего Востока. Материалы межвузовской научно-практической конференции аспирантов, молодых ученых и специалистов. Вып. 8. - Уссурийск: изд-во ПГСХА, 2008. С.141-143.
 10. Шишлова Н.А. Техногенная нагрузка и качество приземного воздуха города Уссурийска//Сборник научных трудов ИМСХ. - Уссурийск: изд-во ПГСХА, 2008. С. 187-191.
 11. Шишлова Н.А. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье жителей г. Уссурийска//Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: «Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения». – С.-Петербург, 2008. С. 328-329.
 12. Шишлова Н.А., Шишлова Т.М. Оценка загрязнения приземного воздуха тяжелыми металлами по их содержанию в природных депонирующих средах//Сборник научных трудов ИМСХ. - Уссурийск: Изд-во ПГСХА, 2009. С. 208-211.
 13. Шишлова Н.А. Взвешенные вещества в приземном воздухе города Уссурийска// Молодые ученые – агропромышленному комплексу Дальнего Востока. Материалы межвузовской научно-практической конференции аспирантов, молодых ученых и специалистов. Вып. 9. - Уссурийск: изд-во ПГСХА, 2009. С.113-115.
 14. Шишлова Н.А. Металлические элементы в составе взвешенных веществ приземного воздуха г.Уссурийска// Молодые ученые – агропромышленному комплексу Дальнего Востока. Материалы межвузовской научно-практической конференции аспирантов, молодых ученых и специалистов. Вып. 9. - Уссурийск: изд-во ПГСХА, 2009. С.115-117.

Шишлова Наталья Александровна

Автореферат

**ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА
г.УССУРИЙСКА:
ЗАПЫЛЕННОСТЬ И ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ**

Тираж 100 экз.

Заказ 270

Отпечатано на участке оперативной полиграфии
ФГОУ ВПО «ПГСХА», 692500, г.Уссурийск, ул. Раздольная, 8.