

Литература

1. Состояние японской сакуры в вегетационном периоде в России в городе Хабаровске / *Итиро Хого, Рёсукэ Кобаяси, Рёко Фудзита* // Состояние лесов и актуальные проблемы лесопользования: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием (Хабаровск, 10–11 окт. 2013 г.). – Хабаровск, 2013. – С. 225–229.
2. *Глаз Н.В., Гиль Е.В.* Роль научных, общественных организаций и инициатив хабаровчан в озеленении и охране насаждений города // Роль зеленых насаждений в стратегии развития Хабаровска: мат-лы 3-й городской науч.-практ. конф. (Хабаровск, 15 марта 2007 г.). – Хабаровск, 2007. – С. 43–48.
3. *Глаз Н.В.* Современные пути оптимизации деятельности ООПТ города Хабаровска // Роль зеленых насаждений в стратегии развития Хабаровска: мат-лы 3-й городской науч.-практ. конф. (Хабаровск, 15 марта 2007 г.). – Хабаровск, 2007. – С. 82–85.
4. Древесные растения Ботанического сада-института ДВО РАН. Итоги интродукции / *Н.И. Денисов, И.П. Петухова, Л.М. Пшенникова* [и др.]. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – С. 164–244.
5. Энциклопедия декоративных садовых растений [Электронный ресурс] // <http://flower.onego.ru/kustar/loueani.html>.
6. Декоративные деревья, кустарники и лианы в Приморье / *Н.И. Денисов, И.П. Петухова, Л.М. Пшенникова* [и др.]. – Владивосток, 2005. – С. 129–132.
7. *Сычов А.* "Очаровательная Луизеяния" // В мире растений. – 2007. – № 3. – С. 12–17.
8. Зелёные насаждения в городском озеленении и возможности их воспроизводства / *Н.В. Глаз* [и др.] // Дружининские чтения. Города Дальнего Востока: экология и жизнь человека. – Владивосток; Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2003. – Вып. 1. – С. 30–33.



УДК 631.41(571.51)

И.С. Коротченко, Н.Н. Кириенко

ВЛИНИЕ СВИНЦА И КАДМИЯ НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ г. КРАСНОЯРСКА

В статье приведены данные исследований по оценке почвенного покрова методом биотестирования. Определена реакция тест-организма на уровень загрязнения почв рекреационных зон города. На основе анализа содержания в почве тяжелых металлов, а также морфологической оценки проростков, дана оценка экологического состояния территорий рекреационных зон г. Красноярск.

Ключевые слова: свинец, кадмий, фитотоксичность, биотестирование, всхожесть семян, рекреационная зона, экологическая ситуация.

I.S. Korotchenko, N.N. Kirienko

THE LEAD AND CADMIUM INFLUENCE ON THE PHYTOTOXICITY OF SOILS IN THE KRASNOYARSK RECREATIONAL ZONE

The research data on the soil cover assessment by the biotesting method are given in the article. The reaction of the test-organism on the soils pollution level in the recreational city zones is defined. On the basis of the analysis of the heavy metal content in the soil, as well as the morphophysiological assessment of sprouts, the assessment of the ecological condition of the Krasnoyarsk recreational zone territories is given.

Key words: lead, cadmium, phytotoxicity, biotesting, seed germination, recreational zone, ecological situation.

Введение. Красноярск – крупнейший транспортный и промышленный узел Российской Федерации. Именно это обстоятельство является для города основной причиной загрязнения воздуха. В атмосфере Красноярска уровень загрязнения воздуха характеризуется как «очень высокий». Приоритетными загрязняющими веществами в атмосфере городов являются бенз(а)пирен, формальдегид, диоксид азота, фенол, взвешенные вещества [3].

Загрязнение окружающей среды происходит в результате миграции загрязняющих веществ, генерируемых источниками загрязнения. Так, исследованиями установлено, что в местах локального загрязнения почвы токсичными веществами создаются искусственные аномальные геохимические области с высокими уровнями содержания этих веществ в почве. Население, длительное время проживающее в таких местах, постоянно подвергается неблагоприятному влиянию загрязняющих веществ. Здесь имеет место повышение уровня общей заболеваемости, нарушение психического и физического развития людей, другие отдаленные последствия [8].

В настоящее время в условиях роста техногенной нагрузки на окружающую среду все более актуальными становятся вопросы оценки ее экологического благополучия. По расчетам специалистов, уже сейчас в окружающей среде содержится около 10 млн наименований загрязняющих веществ [7].

Появление новых поллютантов, а также синтез в гетерогенных условиях среды специфических соединений, способных обладать существенно большим токсичным потенциалом, приводит к тому, что количественные показатели загрязнения, такие, как ПДК, ПДУ, не могут охватить всего многообразия поллютантов, дать корректную оценку экологического благополучия исследуемых объектов. Кроме того, даже нетоксичные соединения при комбинированном действии могут вызывать значительный токсический эффект.

В связи с этим в настоящее время растет интерес к биотест-системам, которые способны интегрально и оперативно дать токсикологическую характеристику природных и техногенных сред. Фитотестирование широко используется не только как способ токсикологической оценки сред, например, почв и вод, но и как весьма распространенный прием оценки токсичности или биоактивности различных материалов, химикатов, промышленных отходов [4, 11].

Цель исследований. Оценка влияния уровня загрязнения почвы ионами кадмия и свинца на показатели ее фитотоксичности.

Объекты и методы исследований. В качестве тест-объекта был выбран кресс-салат (*Lepidium sativum* L, 1753) сорта «Весенний». Это раннеспелый сорт (период от всходов до начала хозяйственной годности 20–25 дней) отличается очень быстрым ростом. Розетка листьев в высоту 8–10 см, число листьев 10–12. Данный объект является наиболее информативным при оценке загрязнения воздуха выхлопными газами и загрязнения почв тяжелыми металлами.

Была использована почва, собранная в рекреационных зонах города. Участки, с которых отбирали образцы почв, находятся на не менее 150 м от ближайших автомобильных дорог (считается, что такое расстояние исключает аэрогенное попадание тяжелых металлов в почву от основного источника загрязнения автотранспорта).

Для биотестирования почв с учетных площадок отбирали объединенные пробы, состоящие из 5 точечных проб с площади 5х5 м, расположенных «конвертом». Отбор проб в каждом пункте производили на территории, равной 300 м², с глубины 0–20 см. Почвенные пробы отбирали осенью 2013 года в трех местах Октябрьского района – Академгородке (автотранспортная нагрузка 2099 ед/ч), Николаевской сопке (95 ед/ч), парке Гагарина (3753 ед/ч). В качестве контроля использовали участок с меньшей антропогенной нагрузкой.

Во всех почвенных образцах определяли фитотоксичность почв по методу учета всхожести семян тест-растения в опытных вариантах, выраженных в процентах к контролю. Принимали следующую градацию: 1. *Загрязнение отсутствует.* Всхожесть семян достигает 90–100 %, всходы дружные, проростки крепкие, ровные. Эти признаки характерны для контроля, с которым следует сравнивать опытные образцы. 2. *Слабое загрязнение.* Всхожесть 60–90 %. Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные. 3. *Среднее загрязнение.* Всхожесть 20–60 %. Проростки по сравнению с контролем короче и тоньше. Некоторые проростки имеют уродства. 4. *Сильное загрязнение.* Всхожесть семян очень слабая (менее 20 %). Проростки мелкие и уродливые [6].

Высевали по 100 семян в четырехкратной повторности. Как тест-реакции высших растений учитывались энергия прорастания семян [2], длина проростка и длина корня, согласно методикам ISO 11269-1 и ISO 11269-2 [9, 10].

Содержание тяжелых металлов в образцах почвы определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре (ААС) «Спектр-5». В процессе статистической обработки рассчитывали средние арифметические значения признаков и их статистические ошибки, коэффициент вариации. Достоверность различий между средними значениями определялась с помощью однофакторного дисперсионного анализа. Варианты опыта названы в соответствии с точками отбора проб. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программ Microsoft Excel, SNEDECOR.

Результаты исследований и их обсуждение. В Красноярске в каждом районе существуют локализованные загрязнения кадмием, где ПДК (0,5 мг/кг) содержания этого металла в почве превышена в 1–1,5 раза. Загрязнение почвы свинцом превышает ПДК (32 мг/кг) на локальных территориях в 4–5 раз [5]. Все вышеизложенное сделало актуальным изучение содержание ионов свинца и кадмия в почвенных образцах, а также токсичности почвы. Полученные результаты анализа содержания ионов тяжелых металлов в образцах почвы, взятых в различных рекреационных зонах города Красноярска, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в почве различных районов Красноярска

Номер образца	Место отбора почвенных образцов	Содержание тяжелых металлов, мг/кг	
		Pb	Cd
1	Парк Гагарина	214,22±0,05	12,41±0,04
2	Академгородок	98,14±0,05	9,52±0,04
3	Николаевская сопка	1,25±0,04	0,33±0,05

Как следует из данных табл. 1, естественный уровень содержания тяжелых металлов в почве анализируемого района (проба №3) существенно ниже предельно допустимых концентраций [1]. Однако совершенно иная картина была получена при анализе образцов почвы в двух других районах. Так, по содержанию свинца неблагоприятная экологическая ситуация выявлена в районах Парка Гагарина и Академгородка. При этом превышение предельно допустимых величин по указанному элементу составило от 3 ПДК в Академгородке до 6,7 ПДК на территории парка Гагарина.

Аналогичная ситуация зарегистрирована по содержанию кадмия в анализируемых образцах почвы. Превышение данного показателя колеблется от 3 ПДК на территории Академгородка до 4 ПДК в парке Гагарина. Анализ всхожести семян тест-культуры в различных вариантах опыта в среднем за три месяца исследований показал, что лучше всего всходили семена в вариантах «Николаевская сопка» и «Академгородок» – наиболее чистых районах города (табл. 2). Наименьший уровень ($P \leq 0,05$) всхожести зафиксирован в варианте опыта «парк Гагарина».

Таблица 2

Всхожесть семян кресс-салата в различных районах Красноярска (среднее за 3 месяца)

Место отбора почвенных образцов	Всхожесть семян кресс-салата, %
Парк Гагарина	71,0±0,87*
Академгородок	88,7±0,61*
Николаевская сопка	91,7±0,58

*Значение достоверно на уровне 5 %.

Почва, отобранная в районе Николаевской сопки, характеризовалась как нетоксичная – загрязнение отсутствовало (табл. 3). Таким образом, наименьшая токсичность почвенных образцов зарегистрирована в районе Николаевской сопки, а наибольшая в парке Гагарина – слабое загрязнение. Наибольшая токсичность почвы в данном парке может быть объяснена двумя причинами. Либо близким расположением парка к автомагистрали, либо его низким расположением (над уровнем моря) по сравнению с Академгородком и Николаевской сопкой.

Перепад высот составляет более 150 м. Из двух вышеназванных причин загрязнения почвы более вероятной является вторая, поскольку взвешенные вещества являются приоритетными загрязнителями города Красноярска [3]. Если бы загрязнителями были выбросы автотранспорта, то почва в парке Гагарина была очень токсична. Почвенный образец, отобранный в парке Гагарина, во все месяцы наблюдения характеризовался как токсичный (табл. 3). При характеристике динамики изменения всхожести кресс-салата по месяцам исследования можем отметить, что в Академгородке и Николаевской сопке токсичность почвенных образцов уменьшилась (рис. 1).

Таблица 3

Влияние исследуемых почвенных образцов на всхожесть семян кресс-салата

Место отбора почвенных образцов	Дата отбора	Всхожесть семян кресс-салата, %
Парк Гагарина	Август 2013 г.	70,0±0,83
	Сентябрь 2013 г.	70,3±0,77
	Октябрь 2013 г.	71,1±0,78
Академгородок	Август 2013 г.	86,8±0,58
	Сентябрь 2013 г.	88,1±0,61
	Октябрь 2013 г.	88,6±0,62
Николаевская сопка	Август 2013 г.	90,7±0,55
	Сентябрь 2013 г.	91,8±0,57
	Октябрь 2013 г.	91,7±0,54

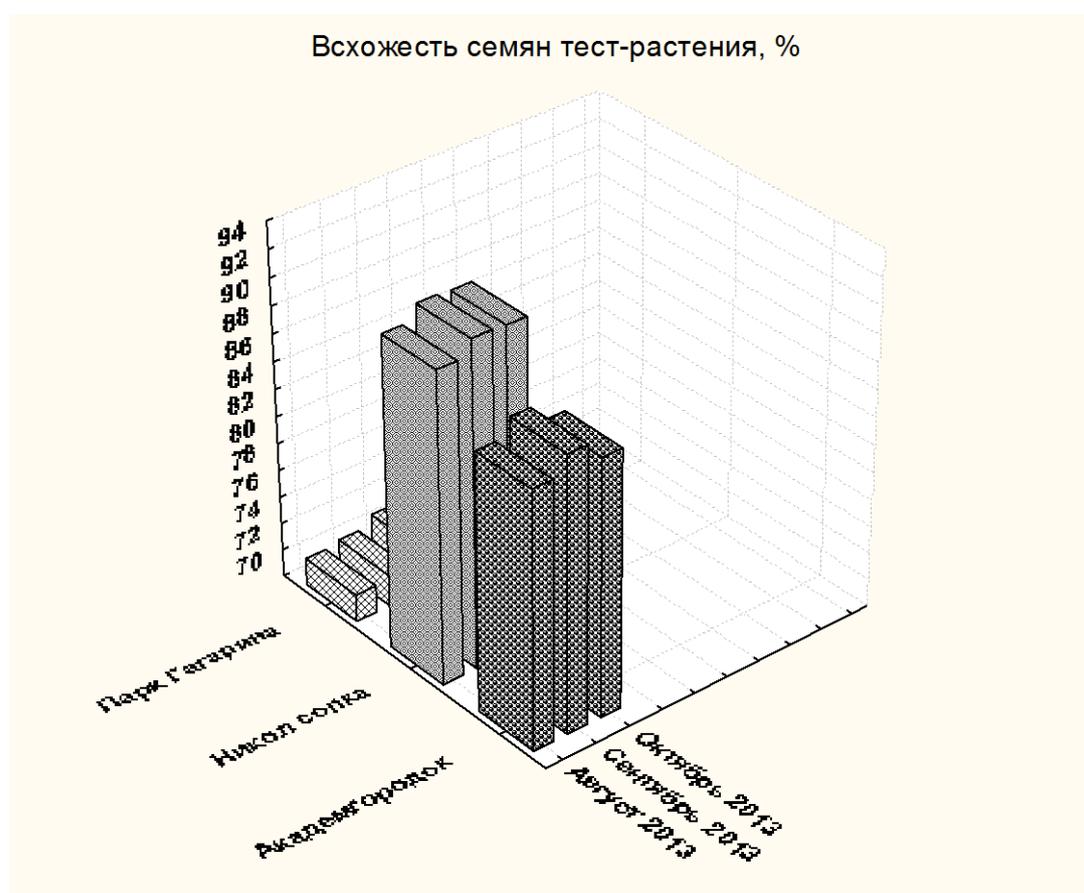


Рис. 1. Динамика всхожести семян кресс-салата

Таким образом, почва в зонах рекреации Октябрьского района города Красноярска загрязнена токсическими веществами, наименьшее содержание которых в районе зафиксировано в районе Николаевской сопки, наибольшее – в парке Гагарина.

Анализ морфометрических параметров проростков кресс-салата (табл. 4) показывает, что достоверно наибольшими значениями длины корня отличаются проростки в вариантах опыта в Академгородке, Николаевская сопке, т.е. значения данного параметра зависят от степени загрязнения района. Длина побега проростков кресс-салата в чистых районах больше, чем в загрязненных.

Длина корня и побега проростков кресс-салата в различных вариантах опыта

Место отбора почвенных образцов	Длина корня, см	Длина побега, см	Длина корня/длина побега
	$X_{cp} \pm m_x$	$X_{cp} \pm m_x$	$X_{cp} \pm m_x$
Парк Гагарина	$2,64 \pm 0,53^*$	$2,53 \pm 0,51$	$1,08 \pm 0,03^*$
Академгородок	$3,15 \pm 0,62$	$2,76 \pm 0,55$	$0,91 \pm 0,06^*$
Николаевская сопка	$3,61 \pm 0,37$	$2,78 \pm 0,38$	$1,34 \pm 0,02$

*Значение достоверно на уровне 5 % (контроль – Николаевская сопка).

Анализ корреляционных связей между параметрами тест-культуры позволяет выявить закономерности взаимосвязи между ними и оценить пригодность различных признаков тест-культуры для фитотестирования конкретных изменений городского почвенного покрова.

Корреляционный анализ показал наличие положительной очень сильной связи между изучаемыми показателями: всхожесть семян и длина побега, корня проростков ($r = 0,912-0,99$), а также тесную взаимосвязь между содержанием тяжелых металлов в почве и параметрами проростков кресс-салата. Так, при повышении уровня автотранспортной нагрузки уменьшается длина корня и побега проростков, увеличивается отношение длины корня и побега. Таким образом, эти параметры можно рекомендовать для диагностики степени загрязненности почвенного покрова.

Так, наибольшее число корреляционных связей образуется между всхожестью семян салата и содержанием свинца и кадмия в почве. Всхожесть семян повышается при уменьшении концентраций ионов кадмия и свинца (рис. 2). Повышенная автотранспортная нагрузка приводит к уменьшению длины побега, корней проростков салата.

Учитывая, что имеются весьма сильные положительные корреляционные связи между всхожестью семян кресс-салата и морфологическими параметрами его проростков, для диагностики состояния окружающей среды можно использовать именно всхожесть семян, что существенно упростит и ускорит анализ.

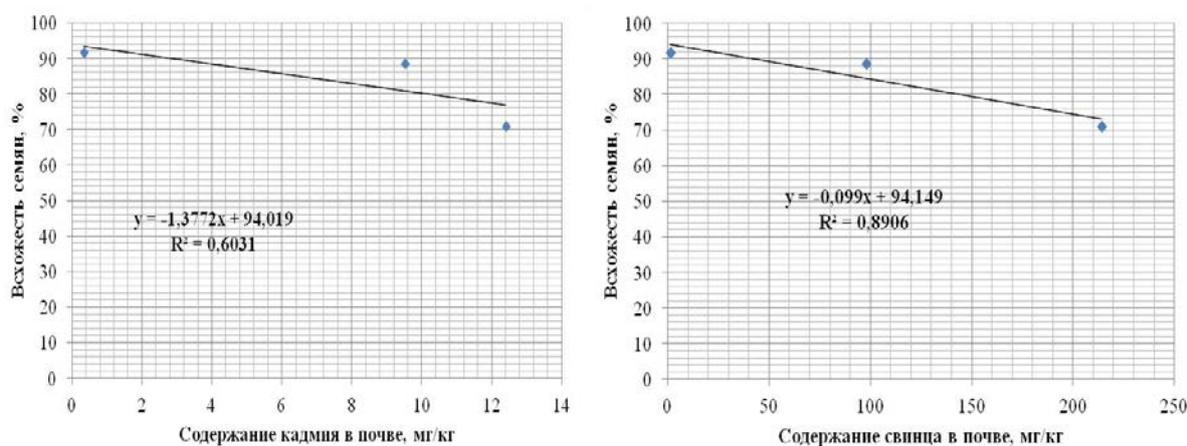


Рис. 2. Регрессионная зависимость всхожести семян тест-растения от концентрации кадмия и свинца в почве

С целью определения экологической ситуации в исследуемых территориях был проанализирован химический состав почвы (содержание кадмия и свинца в почве) в различных точках рекреационных зон. Результаты были обработаны факторным анализом (рис. 3).

На рис. 3 видно, что точка «Николаевская сопка» характеризуется низким уровнем действия всех загрязняющих факторов. Для точки «Академгородок» отмечается сильное воздействие автотранспорта (нагрузка, превышение содержания в почве кадмия и свинца). Точка «Парк Гагарина» характеризуется наиболее повышенным уровнем исследуемых загрязняющих факторов.

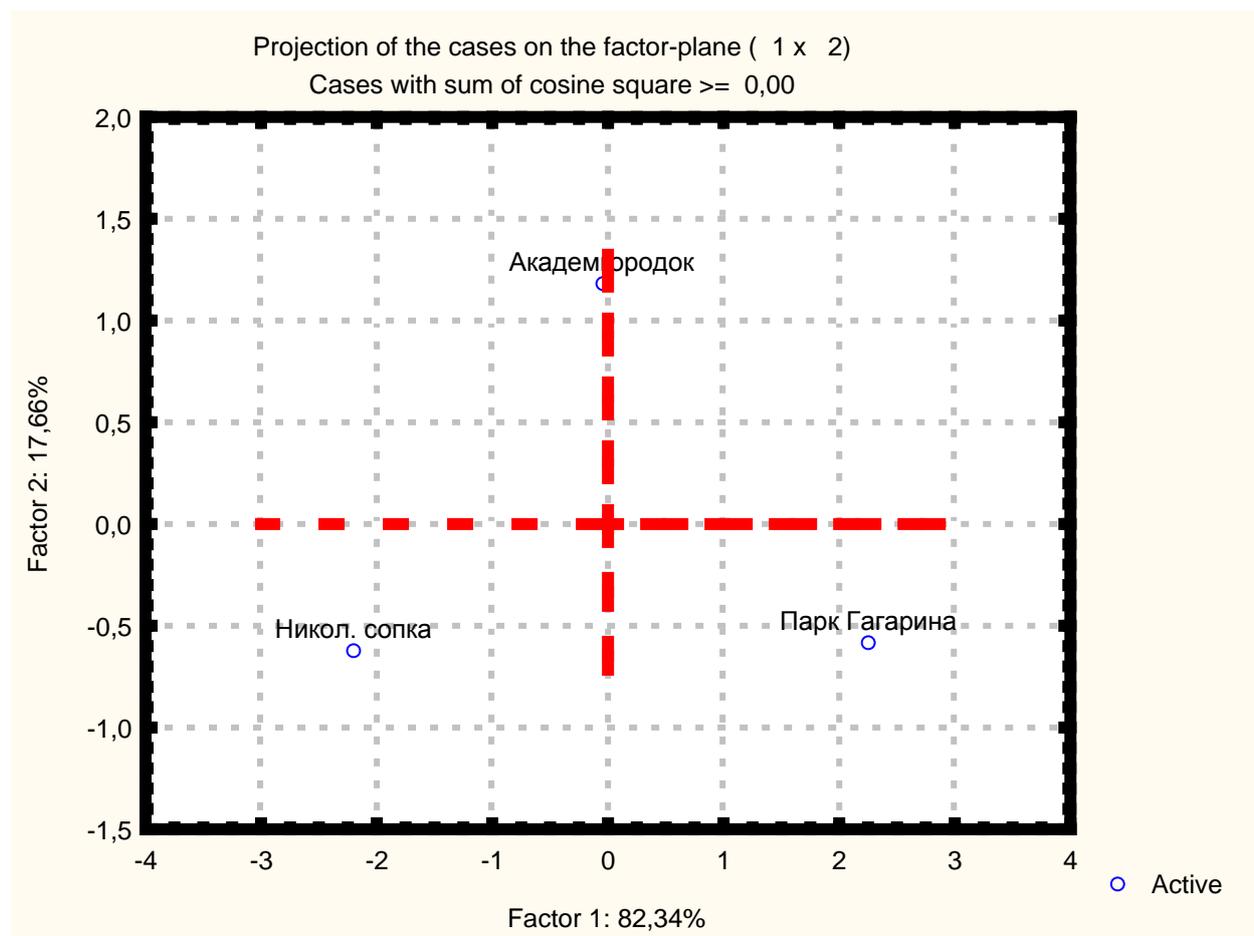


Рис. 3. Расположение точек отбора проб в пространстве выявленных факторов

Выводы

1. Исследуемые почвы содержат определенное количество тяжелых металлов (Pb, Cd), содержание которых соответствует антропогенной нагрузке, уровню загруженности автотранспортом.
2. Наименьшее содержание тяжелых металлов выявлено на участке «Николаевская сопка», который использовался в качестве контроля с наименьшей антропогенной нагрузкой. Следует отметить, что содержание металлов на загрязненных участках соответствует нагрузке автотранспортом, как одного из источников загрязнения окружающей среды.
3. При определении фитотоксичности было выявлено, что токсичность почв г. Красноярска средняя. Почва рекреационных зон городской среды не приводит к гибели тест-растения, но ингибирует ростовые процессы побегов и корней.
4. В целом при изучении состояния окружающей среды методом биотестирования необходимо учитывать комплекс факторов, таких, как расстояние от источников загрязнения (автомагистралей и т.д.), направление господствующих ветров, рельеф территории.

Литература

1. Гигиенические нормативы 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 11 с.
2. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М., 1984.
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Красноярского края в 2012 году». – Красноярск, 2013. – 314 с.
4. Коротченко И.С. Фитотоксичность и ферментативная активность чернозема выщелоченного при загрязнении тяжелыми металлами // Вестн. КрасГАУ. – 2011. – № 5. – С. 109–115.

5. Красноярск. Экологические очерки: монография / Р.Г. Хлебопрос, О.В. Тасейко, Ю.Д. Иванова [и др.]. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2012. – 130 с.
6. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
7. Шейджен А.Х. Биогеохимия. – Майкоп, 2003. – 1028 с.
8. Экологический атлас г. Красноярска. Геопортал ИВМ СО РАН. 2013 [Электронный ресурс] // URL: <http://gis.krasn.ru/blog/content/kontsentratsiya-vrednykh-veshchestv-v-pochve> (Дата обращения: 11.11.2013).
9. ISO 11269-1:1993. Качество почвы. Определение воздействия загрязняющих веществ на флору почвы. Ч. 1. Метод измерения замедления роста корней. – М., 1993. – 12 с.
10. ISO 11269-2:2012. Качество почвы. Определение воздействий загрязняющих веществ на флору почвы. Ч. 2. Воздействие загрязненной почвы на всхожесть и начальный рост высших растений. – М., 2012. – 28 с.
11. Lin D. Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth // Environmental Pollutants. – 2007. – Vol. 150. – P. 243–250.



УДК 633.4

Г.А. Демиденко, Д.С. Владимирова

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ г. КРАСНОЯРСКА

В статье рассмотрены вопросы антропогенного загрязнения снежного покрова левобережья г. Красноярска. Данные исследований показали, что снежный покров обладает свойством интегрального накопления загрязняющих веществ, выпадающих из атмосферы на его поверхность. Накопленные в снежной толще загрязняющие вещества увеличивают концентрацию загрязняющих веществ в весеннем стоке и могут быть причиной загрязнения природных вод.

Ключевые слова: снежный покров, антропогенное загрязнение, загрязняющие вещества.

G.A. Demidenko, D.S. Vladimirova

THE ASSESSMENT OF THE SNOW COVER ANTHROPOGENOUS POLLUTION ON THE LEFT BANK OF KRASNOYARSK CITY

The issues of the snow cover anthropogenous pollution on the left bank of Krasnoyarsk city are considered in the article. The research data showed that snow cover possesses the property of integrated accumulation of the polluting substances dropping out of the atmosphere on its surface. The accumulated in the snow cover polluting substances increase the concentration of polluting substances in the spring flow and can be the cause of the natural water pollution.

Key words: snow cover, the anthropogenous pollution, polluting substances.

Введение. Особая роль среди источников антропогенного загрязнения окружающей среды принадлежит городам. Вокруг городов и городских агломераций формируются устойчивые зоны загрязнения среды. Показателем зимних загрязнений является снежный покров.

Снежный покров на земной поверхности – важная деталь, определяющая последствия хозяйственной деятельности человека. Он накапливает за определенный период загрязняющие вещества и отдает их в окружающую среду лишь весной при снеготаянии. С тальми водами загрязняющие вещества могут переместиться на значительное расстояние от мест их выпадения. Снежный покров способствует перераспределению загрязняющих веществ во времени и в пространстве.

Загрязненность снежного покрова в зоне влияния города лишь часть локального воздействия урбанизации на окружающую среду. Исследование этой проблемы способствует созданию общей картины последствий антропогенного загрязнения окружающей среды.