

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ, ЛИСТЬЯХ БЕРЕЗЫ
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРОМЫШЛЕННОСТИ г. КРАСНОЯРСКА

T.V. Baikalova, P.S. Baikalov,
I.S. Korotchenko

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE SOIL COVER, BIRCH LEAVES UNDER THE INFLUENCE
OF THE INDUSTRY OF KRASNOYARSK

Байкалова Т.В. – асп. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: baykalova.t@bk.ru

Байкалов П.С. – асп. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: vt227@mail.ru

Коротченко И.С. – канд. биол. наук, доц. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: kisaspi@mail.ru

Baikalova T.V. – Post-Graduate Student, Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: baykalova.t@bk.ru

Baikalov P.S. – Post-Graduate Student, Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: vt227@mail.ru

Korotchenko I.S. – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: kisaspi@mail.ru

В работе проводится анализ содержания тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, кадмия, хрома, марганца, кобальта, никеля) в почве и растениях на территории Свердловского района города Красноярска. На экологическое состояние среды данной территории воздействуют главные источники загрязнения – тепловые станции, малые и крупные промышленные предприятия, автотранспорт. Отбор почвенных и растительных образцов проводили на учетных площадках согласно общепринятым методикам. Тяжелые металлы в почвенных и растительных образцах определялись методом атомной абсорбции. В результате исследования выявлено полиметаллическое загрязнение. Полученные данные по участкам взятия почвенных и растительных образцов подтверждают наличие ионов меди, цинка, свинца, кадмия, хрома, марганца, кобальта, никеля. Наблюдается наибольшее превышение предельно допустимых концентраций свинца в почвенных образцах во всех исследуемых площадках. Обнаружили повышенное поглощение свинца березой во всех

исследуемых образцах проб, взятых на площадках Свердловского района города Красноярска. Установлена связь между наличием тяжелых металлов в почве и содержанием в листьях березы повислой. Прослеживается закономерность снижения содержания тяжелых металлов в почве, листьях березы в зависимости от удаленности объектов загрязнения. Обнаружены наибольшие, в отличие от валовых, превышения подвижных форм свинца, цинка, меди, кадмия, хрома, марганца, кобальта, никеля. Выявленные различия в степени превышения предельно допустимых концентраций подвижных и валовых форм тяжелых металлов формируют необходимость дальнейших исследований, а именно разработки системы оценки загрязнения почвенного покрова с учетом подвижных форм тяжелых металлов.

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды, тяжелые металлы, почва, береза, ПДК.

In the study the analysis of the content of heavy metals (copper, zinc, lead, cadmium, chrome,

manganese, cobalt, nickel) in the soil and plants in the territory of the Sverdlovsk district of the city of Krasnoyarsk is carried out. The ecological condition of the environment of this territory is influenced by the main sources of pollution – thermal stations, small and large industrial enterprises, motor transport. The selection of soil and vegetable samples was carried out on registration platforms according to the standard techniques. Heavy metals in soil and vegetable samples were defined by the method of nuclear absorption. As a result of research polymetallic pollution was revealed. The obtained data on sites of capture of soil and vegetable samples confirm the existence of ions of copper, zinc, lead, cadmium, chrome, manganese, cobalt, nickel. The greatest excess of maximum permissible concentration of lead in soil samples in all studied platforms was observed. The increased lead absorption by a birch in all studied models of the samples taken on platforms of Sverdlovsk district of the city of Krasnoyarsk was found. The connection between availability of heavy metals in the soil and the contents in leaves of silver birch was established. The regularity of decrease in the content of heavy metals in the soil, birch leaves depending on remoteness of objects of pollution was traced. The greatest were found, unlike gross, excess of mobile forms of lead, zinc, copper, cadmium, chrome, manganese, cobalt, nickel. The revealed distinctions in the extent of excess of maximum permissible concentration of mobile and gross forms of heavy metals form need of further researches, namely the development of the system of pollution assessment of the soil cover taking into account mobile forms of heavy metals.

Keywords: environmental pollution, heavy metals, soil, birch, maximum concentration limit.

Введение. Красноярск – крупный промышленный город с устойчивой динамикой роста территорий жилых застроек [5]. В настоящее время промышленные объекты, находящиеся ранее вдали от жилых массивов, сейчас делят с ними практически одну и ту же территорию. На состояние окружающей среды действуют различные источники загрязнения: тепловые станции, промышленные предприятия, автотранспорт и т. д. Уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Красноярска в 2015 г. характеризовался как высокий ($ИЗА_5 = >7$), что оказывает

непосредственное влияние на санитарное состояние почв [3]. В почве, как основной депонирующей среде, накапливается большое количество поллютантов, в том числе тяжелых металлов (ТМ), загрязнители распределяются горизонтально и вертикально по профилю, поглощаются растениями [8, 9]. В связи с этим возникает необходимость изучения процессов миграции ТМ в системе «почва-растение» для оценки воздействия промышленных объектов и автотранспорта на состояние окружающей среды.

Цель исследования: изучение содержания тяжелых металлов в почвенном покрове и листьях березы повислой на территории Свердловского района г. Красноярска.

Объекты и методы исследования. Отбор проб почвы и листьев березы для определения содержания тяжелых металлов проводился на территории Свердловского района г. Красноярска, вдоль Торгашинского хребта с северо-восточной стороны. Торгашинский хребет является одним из популярных мест отдыха жителей и гостей города. На его территории находятся знаменитые в Красноярском крае скальные выходы и пещеры.

Шесть точек взяты согласно преимущественному направлению розы ветров [1, 11], точка ППб находится в стороне от основного направления потока воздушных масс.

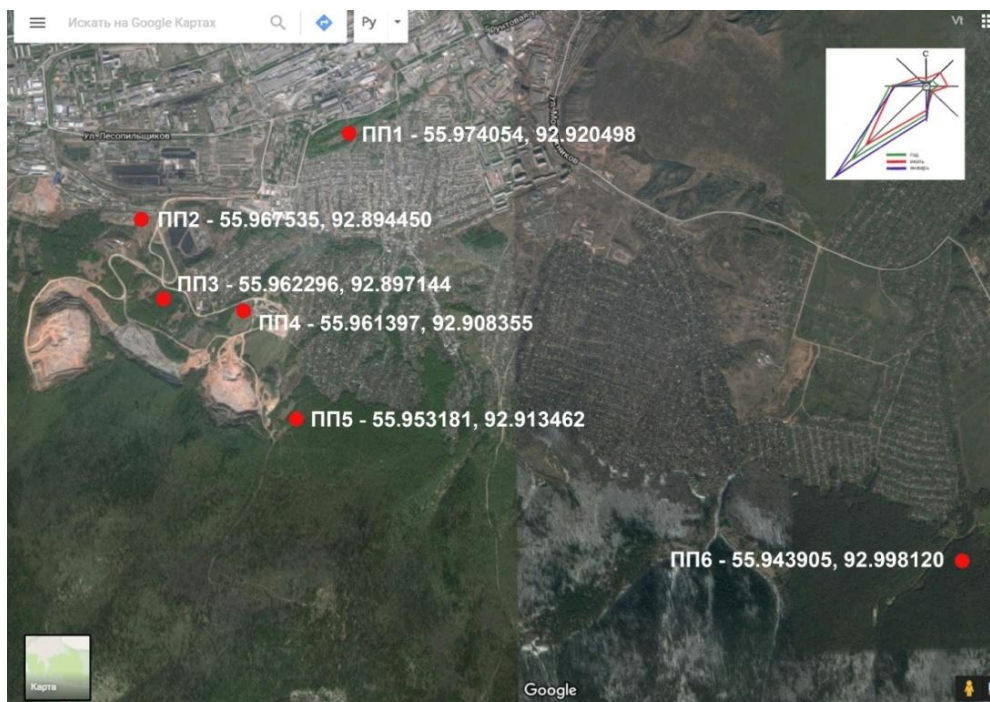
Взятие образцов почвы и листьев березы повислой (рис.) проводилось в точках, координаты которых представлены в таблице 1.

Для отбора проб были выбраны участки 10 × 10 м с подходящими по возрасту березами. Пробы почвы отбирались методом конверта из центральной части участка [4]. Сбор листьев березы повислой проводился после остановки роста (в августе). Взятие листьев березы повислой проводилось с пяти деревьев на участке вокруг нижней части кроны древесного растения [6, 7].

Валовые и подвижные формы тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Mn, Co, Ni) в почвенных образцах экстрагировали аммонийно-ацетатным буфером при pH 4,8 по методу Крупского-Александровой [2]. ТМ в почвенных и растительных образцах определялись методом атомной абсорбции в научно-исследовательском испытательном центре по контролю качества сельскохозяйственного сырья и пищевых

продуктов при ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Все анализы проводились в пятикратной повторности. При статистической обработке дан-

ных применяли пакет анализа в программе MS Excel.



Точки взятия образцов

Таблица 1

Координаты точек взятия образцов

| Номер точки | Координаты | Описание |
|-------------|----------------------|---|
| ПП 1 | 55.974054, 92.920498 | Примерное расстояние от объекта «Цементный завод» 0,1 км |
| ПП 2 | 55.967535, 92.894450 | Примерное расстояние от объекта «ТЭЦ 2» 0,1 км |
| ПП 3 | 55.962296, 92.897144 | Примерное расстояние от объекта «ТЭЦ 2» 0,5 км |
| ПП 4 | 55.961397, 92.908355 | Примерное расстояние от объектов «ТЭЦ 2» и «Цементный завод» 1,0 км |
| ПП 5 | 55.961397, 92.908355 | Примерное расстояние от объектов «ТЭЦ 2» и «Цементный завод» 1,5 км |
| ПП 6 | 55.943905, 92.998120 | Точка контроля. Находится в стороне от розы ветров. Примерное расстояние от объектов «ТЭЦ 2» и «Цементный завод» 5,0 км |

Полученные значения сравнивали с предельно допустимыми концентрациям (ПДК) валовых форм: для Pb – 32 мг/кг; Cd – 3; Cu – 55; Ni – 85; Zn – 100; Mn – 1500; Co – 16,2; Cr – 100; ПДК подвижных форм: для Pb – 6; Cd – 1; Cu – 3; Ni – 4; Zn – 23; Mn – 140; Co – 5; Cr – 6 мг/кг [2].

Для растений использовали ПДК: Pb – 0,5 мг/кг; Cd – 0,5; Cu – 15; Ni – 20; Zn – 150; Mn – 25; Co – 1; Cr – 1 мг/кг [10].

Результаты исследования и их обсуждение. Количественный анализ исследуемых образцов почв и листьев березы на наличие тяжелых металлов показал, что во всех образцах

содержатся свинец, кадмий, медь, никель, цинк, марганец, кобальт и хром.

Сравнивая полученные данные по содержанию ТМ на участке ПП1 с ПДК, пришли к выводу, что максимальное превышение наблюдается по свинцу и меди. Так, превышение в почвах содержания: валового свинца – на 5 ПДК, меди – на 2 ПДК; подвижного свинца – на 18 ПДК, меди – на

22 ПДК; в листьях превышения концентрации свинца – на 36 ПДК, меди – на 1,5 ПДК. Также установлено превышение валового содержания цинка и марганца. Концентрация подвижных форм всех изученных ТМ превышает ПДК; превышение ПДК в листьях наблюдается по всем ТМ, кроме никеля (табл. 2).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в почвенных и растительных образцах на участке ПП1, мг/кг

| Содержание ТМ | Свинец | Кадмий | Медь | Никель | Цинк | Марганец | Кобальт | Хром |
|---|-------------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Валовое содержание тяжелых металлов в почве | | | | | | | | |
| Среднее | 162,94 ±133,18 | 2,08 ± 0,62 | 102,33 ± 53,27 | 38,69 ± 2,66 | 644,52 ± 267,12 | 596,36 ± 25,53 | 12,71 ± 0,56 | 35,55 ± 3,63 |
| ПДК** | 32 | 3 | 55 | 85 | 100 | 1500 | 16,2 | 100 |
| Превышение ПДК | 5,1* | 0,7* | 1,9* | 0,5* | 6,4* | 0,4* | 0,8* | 0,4* |
| Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве | | | | | | | | |
| Среднее | 107,15 ± 97,22 | 1,68 ± 0,69 | 66,16 ± 47,43 | 13,76 ± 1,51 | 121,71 ± 41,66 | 441,94 ± 32,01 | 7,21 ± 0,68 | 11,98 ± 1,27 |
| ПДК** | 6 | 1 | 3 | 4 | 23 | 140 | 5 | 6 |
| Превышение ПДК | 17,8* | 1,7* | 22,1* | 3,4* | 5,3* | 3,2* | 1,4* | 2,0* |
| Содержание тяжелых металлов в листьях березы повислой | | | | | | | | |
| Среднее | 18,22 ± 3,87 | 3,97 ± 6,45 | 21,23 ± 2,89 | 8,69 ± 1,72 | 522,84 ± 36,82 | 90,35 ± 18,83 | 4,58 ± 0,94 | 6,53 ± 1,98 |
| ПДК*** | 0,5 | 0,5 | 15 | 20 | 150 | 25 | 1 | 1 |
| Превышение ПДК | 36,4* | 8,0* | 1,4* | 0,4* | 3,5* | 3,6* | 4,6* | 6,5* |

Здесь и далее: *Значения превышения ПДК в раз. **Гигиенические нормативы 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве, 2006. ***ПДК по Прохоровой [10].

На участке ПП2 по содержанию изучаемых ТМ превышений ПДК валовых форм не выявлено, превышение ПДК по подвижным формам наблюдается по всем ТМ, кроме кадмия; в образцах листьев максимальное превышение ПДК по свинцу – в 15 раз, также превышение зафиксировано по цинку, марганцу, кобальту и хрому (табл. 3).

Сравнительный анализ содержания ТМ на участке ПП3 показывает наличие превышения ПДК подвижных форм по свинцу, меди, никелю, цинку, марганцу, кобальту и хрому; в листьях

незначительное превышение ПДК наблюдается по марганцу и кобальту, высокое по свинцу – в 11 раз; превышение ПДК валового содержания не выявлено (табл. 4).

Полученные данные с участка ПП4 свидетельствуют о высоком содержании в почвенных образцах подвижных форм свинца, меди, никеля, марганца, кобальта и хрома; валовое содержание ТМ не превышает ПДК; наблюдается повышенное содержание свинца, цинка, марганца, кобальта и хрома в растительных образцах (табл. 5).

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в почвенных и растительных образцах на участке ПП2, мг/кг

| Содержание ТМ | Свинец | Кадмий | Медь | Никель | Цинк | Марганец | Кобальт | Хром |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|----------------|
| Валовое содержание тяжелых металлов в почве | | | | | | | | |
| Среднее | 27,59 ± 2,2 | 1,16 ± 0,07 | 32,29 ± 2,06 | 40,79 ± 1,34 | 81,51 ± 5,23 | 665,84 ± 53,39 | 13,69 ± 0,43 | 47,42 ± 3,9 |
| ПДК** | 32 | 3 | 55 | 85 | 100 | 1500 | 16,2 | 100 |
| Превыше- ние ПДК | 0,9* | 0,4* | 0,6* | 0,5* | 0,8* | 0,4* | 0,8* | 0,5* |
| Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве | | | | | | | | |
| Среднее | 16,21 ± 3,39 | 0,751 ± 0,08 | 13,64 ± 2,71 | 16,23 ± 0,51 | 26,7 ± 5,08 | 549,98 ± 39,01 | 8,01 ± 0,3 | 6,72 ± 0,95 |
| ПДК** | 6 | 1 | 3 | 4 | 23 | 140 | 5 | 6 |
| Превыше- ние ПДК | 2,7* | 0,8* | 4,5* | 4,1* | 1,2* | 3,9* | 1,6* | 1,1* |
| Содержание тяжелых металлов в листьях березы повислой | | | | | | | | |
| Среднее | 7,7 ± 0,55 | 0,32 ± 0,05 | 10,27 ± 0,88 | 3,62 ± 0,43 | 263,48 ± 27,42 | 77,54 ± 18,56 | 1,74 ± 0,14 | 1,28 ± 0,13 |
| ПДК*** | 0,5 | 0,5 | 15 | 20 | 150 | 25 | 1 | 1 |
| Превыше- ние ПДК | 15,4* | 0,6* | 0,7* | 0,2* | 1,8* | 3,1* | 1,7* | 1,3* |

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в почвенных и растительных образцах на участке ПП3, мг/кг

| Содержание ТМ | Свинец | Кадмий | Медь | Никель | Цинк | Марганец | Кобальт | Хром |
|---|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Валовое содержание тяжелых металлов в почве | | | | | | | | |
| Среднее | 26,28 ± 2,21 | 1,07 ± 0,08 | 26,73 ± 1,21 | 43,97 ± 1,32 | 74,37 ± 3,66 | 594,42 ± 16,56 | 14,51 ± 0,45 | 50,25 ± 5,05 |
| ПДК** | 32 | 3 | 55 | 85 | 100 | 1500 | 16,2 | 100 |
| Превыше- ние ПДК | 0,8* | 0,4* | 0,5* | 0,5* | 0,7* | 0,4* | 0,9* | 0,5* |
| Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве | | | | | | | | |
| Среднее | 17,21 ± 2,68 | 0,6 ± 0,13 | 13,29 ± 1,97 | 14,95 ± 0,47 | 23,94 ± 8,83 | 447,72 ± 29,57 | 7,87 ± 0,27 | 7,36 ± 0,35 |
| ПДК** | 6 | 1 | 3 | 4 | 23 | 140 | 5 | 6 |
| Превыше- ние ПДК | 2,9* | 0,6* | 4,4* | 3,7* | 1,1* | 3,2* | 1,6* | 1,2* |
| Содержание тяжелых металлов в листьях березы повислой | | | | | | | | |
| Среднее | 5,6 ± 0,42 | 0,19 ± 0,03 | 7,75 ± 0,49 | 3,3 ± 0,38 | 130,08 ± 18,86 | 33,64 ± 5,82 | 1,46 ± 0,12 | 0,71 ± 0,12 |
| ПДК*** | 0,5 | 0,5 | 15 | 20 | 150 | 25 | 1 | 1 |
| Превыше- ние ПДК | 11,2* | 0,4* | 0,5* | 0,2* | 0,9* | 1,3* | 1,5* | 0,7* |

Содержание тяжелых металлов в почвенных и растительных образцах на участке ПП4, мг/кг

| Содержание ТМ | Свинец | Кадмий | Медь | Никель | Цинк | Марганец | Кобальт | Хром |
|---|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Валовое содержание тяжелых металлов в почве | | | | | | | | |
| Среднее | 21,39 ± 2,42 | 0,77 ± 0,07 | 26,77 ± 3,9 | 46,21 ± 1,22 | 70,38 ± 5,15 | 644,98 ± 34,5 | 15,71 ± 0,55 | 43,4 ± 2,02 |
| ПДК** | 32 | 3 | 55 | 85 | 100 | 1500 | 16,2 | 100 |
| Превыше- ние ПДК | 0,7* | 0,3* | 0,5* | 0,5* | 0,7* | 0,4* | 0,3* | 0,4* |
| Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве | | | | | | | | |
| Среднее | 12,15 ± 0,81 | 0,27 ± 0,06 | 10,68 ± 1,15 | 12,93 ± 0,88 | 19,3 ± 2,29 | 433,62 ± 23,89 | 8,15 ± 0,19 | 12,21 ± 0,53 |
| ПДК** | 6 | 1 | 3 | 4 | 23 | 140 | 5 | 6 |
| Превыше- ние ПДК | 2,0* | 0,3* | 3,6* | 3,2* | 0,8* | 3,1* | 1,6* | 2,0* |
| Содержание тяжелых металлов в листьях березы повислой | | | | | | | | |
| Среднее | 4,14 ± 0,34 | 0,34 ± 0,06 | 9,12 ± 0,67 | 3,05 ± 0,36 | 180,83 ± 19,46 | 101,8 ± 25,05 | 1,43 ± 0,08 | 1,06 ± 0,11 |
| ПДК*** | 0,5 | 0,5 | 15 | 20 | 150 | 25 | 1 | 1 |
| Превыше- ние ПДК | 8,3* | 0,7* | 0,6* | 0,2* | 1,2* | 4,1* | 1,4* | 1,1* |

Таблица 6

Содержание тяжелых металлов в почвенных и растительных образцах на участке ПП5, мг/кг

| Содержание ТМ | Свинец | Кадмий | Медь | Никель | Цинк | Марганец | Кобальт | Хром |
|---|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| Валовое содержание тяжелых металлов в почве | | | | | | | | |
| Среднее | 27,39 ± 2,54 | 1,25 ± 0,06 | 24,17 ± 1,96 | 32,18 ± 3,27 | 55,99 ± 7,89 | 485,02 ± 77,1 | 11,85 ± 1 | 26,51 ± 3,25 |
| ПДК** | 32 | 3 | 55 | 85 | 100 | 1500 | 16,2 | 100 |
| Превыше- ние ПДК | 0,9* | 0,4* | 0,4* | 0,4* | 0,6* | 0,3* | 0,7* | 0,3* |
| Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве | | | | | | | | |
| Среднее | 20,83 ± 1,14 | 0,97 ± 0,05 | 28,6 ± 0,38 | 11,57 ± 0,65 | 21,89 ± 2,57 | 430,36 ± 16,17 | 8,67 ± 0,24 | 6,31 ± 0,21 |
| ПДК** | 6 | 1 | 3 | 4 | 23 | 140 | 5 | 6 |
| Превыше- ние ПДК | 3,5* | 1,0* | 9,5* | 2,9* | 1,0* | 3,8* | 1,7* | 1,1* |
| Содержание тяжелых металлов в листьях березы повислой | | | | | | | | |
| Среднее | 7,79 ± 0,61 | 0,25 ± 0,05 | 11,57 ± 1,96 | 3,55 ± 0,43 | 207,71 ± 26,5 | 72,69 ± 13,31 | 1,85 ± 0,15 | 0,98 ± 0,14 |
| ПДК*** | 0,5 | 0,5 | 15 | 20 | 150 | 25 | 1 | 1 |
| Превыше- ние ПДК | 15,6* | 0,5* | 0,8* | 0,2* | 1,4* | 2,9* | 1,9* | 1,0* |

Пробы, взятые на участке ПП5, показали, что подвижные формы свинца, меди, никеля, марганца и кобальта превышают ПДК; валовое содержание ТМ – в пределах допустимого; в растительных образцах по свинцу превышение ПДК более чем в 15 раз, также есть превышение содержания цинка, марганца и кобальта.

Проанализировав результаты проб с участка ПП6 выявили содержание подвижных форм свинца, меди, никеля, марганца, кобальта и хрома; в растительных образцах наблюдается превышение по свинцу и марганцу; валовые формы ТМ в пределах ПДК (табл. 7).

Таблица 7

Содержание тяжелых металлов в почвенных и растительных образцах на участке ПП6, мг/кг

| Содержание ТМ | Свинец | Кадмий | Медь | Никель | Цинк | Марганец | Кобальт | Хром |
|---|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Валовое содержание тяж елых металлов в почве | | | | | | | | |
| Среднее | 21,78 ± 1,76 | 0,91 ± 0,07 | 30,87 ± 4,3 | 43,01 ± 1,92 | 71,74 ± 9,85 | 933,92 ± 62,35 | 15,22 ± 0,58 | 42,24 ± 4,88 |
| ПДК** | 32 | 3 | 55 | 85 | 100 | 1500 | 16,2 | 100 |
| Превыше- ние ПДК | 0,7* | 0,3* | 0,6* | 0,5* | 0,7* | 0,6* | 0,9* | 0,4* |
| Содержание подвижных форм тяж елых металлов в почве | | | | | | | | |
| Среднее | 13,79 ± 2,89 | 0,37 ± 0,06 | 15,07 ± 1,62 | 17,43 ± 0,92 | 17,49 ± 6,92 | 726,16 ± 40,98 | 9,44 ± 0,14 | 7,79 ± 0,89 |
| ПДК** | 6 | 1 | 3 | 4 | 23 | 140 | 5 | 6 |
| Превыше- ние ПДК | 2,3* | 0,4* | 5* | 4,4* | 0,8* | 5,2* | 1,9* | 1,3* |
| Содержание тяж елых металлов в листьях бер езы повислой | | | | | | | | |
| Среднее | 3,52 ± 0,34 | 0,28 ± 0,03 | 7,65 ± 0,61 | 3,58 ± 0,44 | 121,52 ± 32,13 | 68,01 ± 7,14 | 0,62 ± 0,1 | 1,09 ± 0,08 |
| ПДК*** | 0,5 | 0,5 | 15 | 20 | 150 | 25 | 1 | 1 |
| Превыше- ние ПДК | 7,0* | 0,6* | 0,5* | 0,2* | 0,8* | 2,7* | 0,6* | 1,1* |

Выводы. Проанализировав полученные данные, выявили повышенное поглощение свинца березой во всех исследуемых образцах проб, взятых на площадках изучаемого района.

Установлена корреляционная зависимость между концентрацией свинца в почве, растениях и удаленностью от источников загрязнения. Согласно полученным результатам составлены ряды превышения ПДК свинца по участкам: для валовых форм в почве – ПП1_(5,1) > ПП2_(0,9) > ПП3_(0,8) > ПП4_(0,7) < ПП5_(0,9) > ПП6_(0,7); для подвижных форм в почве – ПП1_(17,8) > ПП2_(2,7) < ПП3_(2,9) > ПП4₍₂₎ < ПП5_(3,5) > ПП6_(2,3); содержание в листьях березы повислой – ПП1_(36,4) > ПП2_(15,4) > ПП3_(11,2) > ПП4_(8,3) < ПП5_(15,6) > ПП6₍₇₎.

Изучение содержания ТМ в почвенных образцах показало наличие полиметаллического характера загрязнения почв, что говорит об актуальности данного исследования и требует более детального и глубокого анализа. Выявленные различия в степени превышения предельно допустимых концентраций подвижных и валовых форм тяжелых металлов диктуют необходимость дальнейших исследований, а именно разработки системы оценки загрязнения почвенного покрова с учетом подвижных форм тяжелых металлов. Полученные материалы могут служить основой для дальнейшего мониторинга территорий, прилегающих к промышленным объектам.

Литература

1. Бранулоу А.Х. Геохимия. – М.: Недра. – 1984. – 463 с.
2. Гигиенические нормативы 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М., 2006.
3. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2015 году. – Красноярск, 2016. – 314 с.
4. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М., 1984.
5. Демиденко Г.А., Напесочный Н.С. Оценка загрязнения снежного покрова в городе Красноярске // Вестн. Омского гос. аграр. ун-та. – 2016. – № 2 (22). – С. 115–120.
6. Захаров В.М., Кларк Д.М. Биотест, интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов / Москов. отд-ние междунар. фонда «Биотест». – М., 1993. – 68 с.
7. Захаров В.М., Кряжева Н.Г., Дмитриев С.Г. и др. Оценка возможных изменений состояния популяций вследствие климатических изменений (на примере исследования стабильности развития березы повислой) // Успехи современной биологии. – 2011. – № 4. – С. 425–430.
8. Коротченко И.С., Мучкина Е.Я. Тяжелые металлы в техногенных поверхностных образованиях Красноярской агломерации // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 4. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25019> (дата обращения: 02.03.2017).
9. Корчагина К.В., Смагин А.В., Решетина Т.В. Новый метод оценки степени загрязнения почв цинком и свинцом с учетом изменения их концентраций и плотности сложения по профилю почв // Вестн. ОГУ. – 2013. – № 10 (159). – С. 264–267.
10. Прохорова Н.В., Матвеев Н.М. Тяжелые металлы в почвах и растениях в условиях техногенеза // Вестн. СамГУ. – 1996. – № 2. – С. 125–144.
11. Строительные расчеты и калькуляторы онлайн. – URL: http://stroydocs.com/info/e_veter (дата обращения 10.09.2015).

Literatura

1. Branulou A.H. Geohimija. – М.: Nedra. – 1984. – 463 s.
2. Gigienicheskie normativy 2.1.7.2041-06. Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshhestv v pochve. – М., 2006.
3. Gosudarstvennyj doklad o sostojanii i ohrane okruzhajushhej sredy v Krasnojarskom krae v 2015 godu. – Krasnojarsk, 2016. – 314 s.
4. GOST 17.4.4.02-84. Ohrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlja himicheskogo, bakterorologicheskogo, gell'mintologicheskogo analiza. – М., 1984.
5. Demidenko G.A., Napesochnyj N.S. Ocenka zagryaznenija snezhnogo pokrova v gorode Krasnojarske // Vestn. Omskogo gos. agrar. un-ta. – 2016. – № 2 (22). – S. 115–120.
6. Zaharov V.M., Klark D.M. Biotest, integral'naja ocenka zdorov'ja jekosistem i ot del'nyh vidov / Moskov. otd-nie mezhdunar. fonda «Biotest». М., 1993. – 68 s.
7. Zaharov V.M., Krjazheva N.G., Dmitriev S.G. i dr. Ocenka vozmozhnyh izmenenij sostojanija populjacij vsledstvie klimaticheskikh izmenenij (na primere issledovanija stabil'nosti razvitija berezy povisloy) // Uspеhi sovremennoj biologii. – 2011. – № 4. – S. 425–430.
8. Korotchenko I.S., Muchkina E.Ja. Tjzhelye metally v tehnogennyh poverhnostnyh obrazovanijah Krasnojarskoj aglomeracii // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2016. – № 4. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25019> (data obrashhenija: 02.03.2017).
9. Korchagina K.V., Smagin A.V., Reshetina T.V. Novyj metod ocenki stepeni zagryaznenija pochv cinkom i svincom s uchetom izmenenija ih koncentracij i plotnosti slozhenija po profilju pochv // Vestn. OGU. – 2013. – № 10 (159). – S. 264–267.
10. Prohorova N.V., Matveev N.M. Tjzhelye metally v pochvah i rastenijah v uslovijah tehnogeneza // Vestn. SamGU. – 1996. – № 2. – S. 125–144.
11. Stroitel'nye raschety i kal'kuljatory onlajn. – URL: http://stroydocs.com/info/e_veter (data obrashhenija 10.09.2015).