

УДК 57.044; 631.46

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВИСМУТОМ НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ ЮГА РОССИИ

Судьбина Л. В., Цепина Н. И., Минникова Т. В., Колесников С. И.

*Академия биологии и биотехнологии им Д.И. Ивановского Южного федерального
университета, Ростов-на-Дону, Россия
E-mail: malusik_07@inbox.ru*

В процессе изучения влияния висмута на три типа почв, характерных для южных регионов России, наблюдали снижение фитотоксических показателей. Отмечено угнетение всхожести и роста корневой системы растений редиса при внесении в почвы изучаемых доз элемента. Однако, всхожесть семян редиса на черноземе обыкновенном тяжелосуглинистом при загрязнении дозами 1 и 10 УДК при коротком (10 суток) и продолжительном сроке (90 суток) не отличалась от контроля. 10 УДК и 100 УДК были более токсичными для чернозема легкосуглинистого, чем для чернозема обыкновенного и бурой лесной почвы. По степени устойчивости к загрязнению висмутом образуется следующий ряд: чернозем обыкновенный > бурая лесная > чернозем легкосуглинистый. Вероятно, это обусловлено тем, что чернозем обыкновенный имеет нейтральную реакцию среды (рН), содержит больше гумуса, а бурая лесная почва – имеет кислую среду. Чернозем легкосуглинистый оказался наиболее чувствительным объектом к загрязнению висмутом, поскольку обладает меньшим запасом органического вещества и более легким гранулометрическим составом.

Ключевые слова: висмут, загрязнение, чернозем обыкновенный, чернозем супесчаный, бурая лесная почва, всхожесть, длина корней.

ВВЕДЕНИЕ

Висмут (Bi), на протяжении полувека является одним из наиболее технофильных элементов, уступая только углероду (C), азоту (N) и хлору (Cl) [1]. Несмотря на то, что его содержание в земной коре составляет всего 0,008 мг/кг [2], исследуемый химический элемент широко используется в различных сферах производства: медицине, энергетике, промышленности и сельском хозяйстве [3-6]. Повышенное содержание этого элемента регистрируют во всех компонентах окружающей среды и практически на всех континентах [7-13]. При накоплении висмута в почве происходит его депонирование в органах различных растений [14-22]. Основными источниками загрязнения окружающей среды, в том числе почвенного покрова, висмутом являются металлургическая промышленность [8, 23-28], цементные заводы [29], автотранспорт [30], угольные тепловые электрические станции (ТЭС) [31-33]. Кроме того, сланцевая зола, в состав которой входит данный элемент, используется в качестве удобрения почвы [34]. Однако, влияние висмута на биологические свойства почв и экологическое состояние мало изучено. Таким образом, представляется актуальным выявление закономерностей, механизмов и возможных последствий влияния висмута на состояние почв, установление пределов их устойчивости к загрязнению, нормирование содержания висмута.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния загрязнения висмутом на фитотоксические свойства почв юга России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом изучения были выбраны почвы, типичные для юга России: чернозем обыкновенный, бурая лесная почва и чернозем легкосуглинистый. Для модельных исследований образцы почв отобраны из верхнего пахотного слоя (0-20 см), поскольку в нем задерживается большая часть загрязняющих веществ, в том числе и тяжелых металлов [35]. Характеристика мест отбора проб почв представлена в таблице 1.

Таблица 1
Характеристика мест отбора проб почв

Название типа почвы (гранулометрический состав)	Место отбора	Географические координаты	Тип угодья	Содержание гумуса %	pH (водный)
Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый	г. Ростов-на-Дону, Ботанический сад ЮФУ,	47°14'17.54" с.ш., 39°38'33.22" в.д.	пашня	3,7	7,8
Чернозем легкосуглинистый (супесчаный)	Ростовская область, Усть-Донецкий р-н.	47° 46.015' с.ш. 40° 51.700' в.д.	разнотравно-злаковая степь	2,3	6,8
Буряя лесная тяжелосуглинистая почва	Республика Адыгея, п. Никель,	44° 10.649' с.ш. 40° 9.469' в.д.	грабово-буковый лес	1,8	5,8

Известно, что ПДК большинства тяжелых металлов составляют около трех их фоновых концентраций [36]. Поскольку предельно допустимая концентрация (ПДК) для данного элемента в почве не разработана, его содержание выражали в виде условно допустимой концентрации (УДК), равной трем фоновым значениям. При среднем фоновом содержании элемента в почве равном 1,12 мг/кг [9]. Следовательно, УДК приняли равной 3,36 мг/кг. Было исследовано действие разных концентраций загрязнителя — 1, 10 и 100 УДК, что соответствует 3,36 мг/кг, 33,6 мг/кг и 336 мг/кг. Моделирование такими высокими дозами обусловлено реальными случаями содержания соединений висмута в почве до 436 мг/кг в окрестностях шахтных свалок при добыче каменного угля [21].

Загрязнение висмутом моделировали в лабораторных условиях. Исследуемый элемент вносили в виде раствора нитрата висмута (III) 5-водного в концентрациях 3,36 мг/кг, 33,6 мг/кг и 336 мг/кг. Опыт поставлен в 3х кратной биологической повторяемости. В течение всего эксперимента влажность почв поддерживали, увлажняя их водопроводной отстоянной кипяченой водой.

Образцы почвы (1 кг) инкубировали в пластиковых сосудах в трехкратной биологической повторности при комнатной температуре (20 – 22°C) и оптимальном увлажнении (60% от полевой влагоемкости).

В работе оценивали фитотоксические свойства почв, поскольку они первыми реагируют на внешнее химическое воздействие [36].

Определение фитотоксических свойств чернозема обыкновенного проводили через 10, 30 и 90 суток после загрязнения.

Оценку фитотоксических свойств бурой лесной почвы и чернозема легкосуглинистого проводили после 10 суток.

Лабораторно-аналитические исследования были выполнены с использованием общепринятых в биологии, почвоведении и экологии методов [36]. О фитотоксичности почв судили по всхожести семян, длине корней и побегов редиса ($n = 225$: 3 биологических повторности \times 3 аналитических повторности в чашках Петри \times 25 семян).

В качестве биологической модели использовали семена редиса (*Raphanus sativus* L.) сорт «16 дней». Выбор растений редиса, как фитотеста, обусловлен наименьшим запасом питательных веществ в семени и быстрым откликом на температуру и влажность в почве, что определяет его прорастание.

Достоверность полученных результатов оценивали с помощью дисперсионного анализа и последующим определением наименьшей существенной разности (НСР).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании загрязнения висмутом 1 УДК 10 суток, на черноземе обыкновенном и черноземе легкосуглинистом достоверных отличий всхожести от контроля не выявлено (рис. 1). При внесении 100 УДК висмута – в черноземе супесчаном всхожесть семян редиса снижалась на 23%.

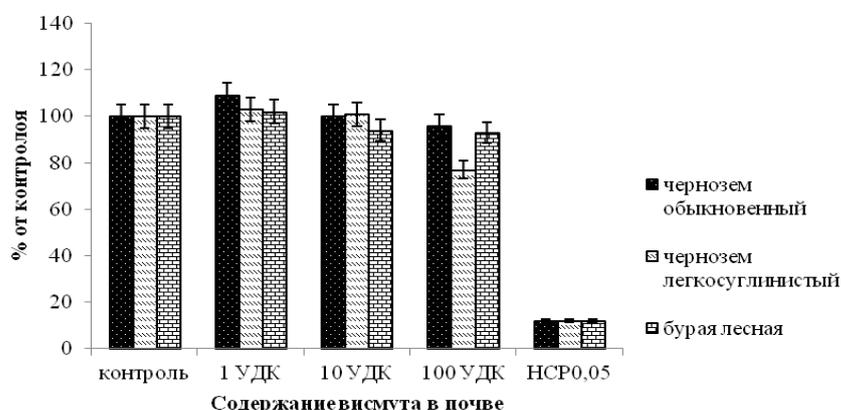


Рис. 1. Влияние загрязнения висмутом (1, 10 и 100 УДК) почв юга России на всхожесть семян редиса через 10 суток, % от контроля

Примечание: УДК – условно допустимая концентрация

Сходные результаты получены при изучении воздействия висмута на длину корней редиса – происходит угнетение корневой системы растения. Показатель снижается на 40% при внесении 100 УДК для чернозема легкосуглинистого (рис. 2).

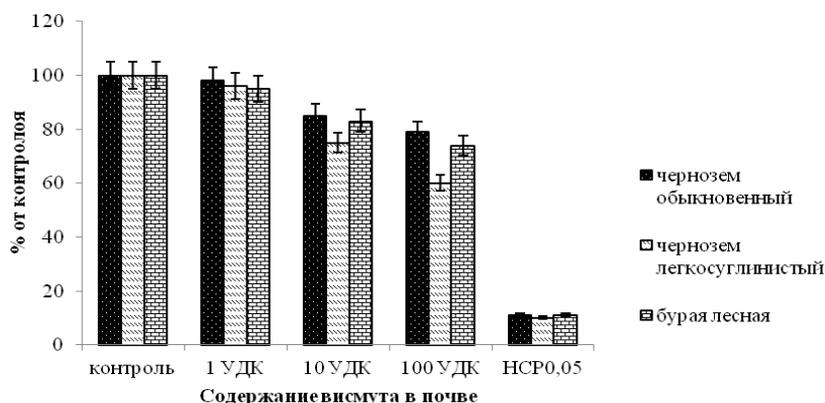


Рис. 2. Влияние загрязнения висмутом (1, 10 и 100 УДК) почв юга России на длину корней редиса через 10 суток, % от контроля
Примечание: УДК – условно допустимая концентрация

Поскольку чернозем обыкновенный показал высокую степень устойчивости через 10 суток эксперимента, было изучено влияние висмута в течение 90 суток. В результате исследования было установлено, что загрязнение висмутом чернозема обыкновенного тяжелосуглинистого приводит к снижению длины корней и всхожести семян редиса (рис. 3, 4).

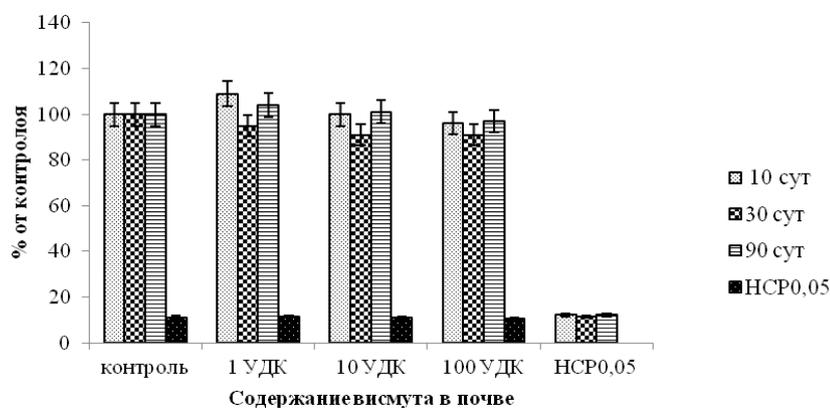


Рис. 3. Влияние загрязнения висмутом (1, 10 и 100 УДК) чернозема обыкновенного тяжелосуглинистого на всхожесть семян редиса через 10, 30 и 90 суток, % от контроля
Примечание: УДК – условно допустимая концентрация

Как видно из рисунка 3, при загрязнении малыми дозами висмута, 3,36 (1 УДК) и 33,6 мг/кг (10 УДК) на сроках 10 и 90 суток достоверных отличий от контроля не обнаружено. Краткосрочное воздействие (10 суток) элемента в дозе 3,36 мг/кг (1 УДК) также приводило к практически контрольным значениям длины корней редиса. Доза 1 УДК на 90 сутки от начала исследования приводила к восстановлению показателя фитотоксичности до контрольных значений (рис. 4). Ранее зафиксировано стимулирующее действие наночастиц висмута на прорастание злаковых культур [37].

Необходимо отдельно отметить временной отрезок – 30 суток от начала загрязнения висмутом различными фоновыми концентрациями чернозема обыкновенного. В этот период наиболее наглядно демонстрируется отрицательное влияние металла на редис и свойства почвы. Так, доза загрязнения 10 УДК угнетала рост корневой системы редиса на 23,2%; 100 УДК вносимого элемента, снижала рост корней на 31,6%. Наблюдалось достоверное снижение всех показателей п фитотоксичности. Аналогичные результаты действия тяжелыми металлами после 30 суток загрязнения почв получены ранее С.И. Колесниковым (2001) [38].

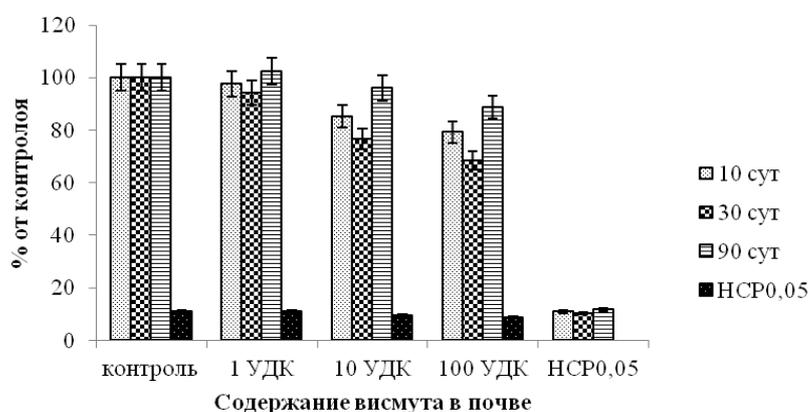


Рис. 4. Влияние загрязнения висмутом (1, 10 и 100 УДК) чернозема обыкновенного тяжелосуглинистого на длину корней редиса через 10, 30 и 90 суток, % от контроля

Примечание: УДК – условно допустимая концентрация

При внесении дозы 10 УДК длина корней редиса снижалась для черноземов обыкновенных на – 15%, для чернозема супесчаного – на 25%, для бурой лесной – на 17%.

Доза 100 УДК висмута угнетала корневую систему редиса на черноземе обыкновенном – на 21%, а бурой лесной – на 26%, на черноземе легкосуглинистом – на 40%. Всхожесть семян понижалась для бурой лесной почвы на 7%, на черноземе супесчаном – на 23%.

Устойчивость почв к загрязнению оценивали по отклонению показателей от контрольных при наибольшей концентрации висмута: чернозем обыкновенный (88) > бурая лесная почва (84) > чернозем супесчаный (69).

Устойчивость чернозема обыкновенного по сравнению с черноземом легкосуглинистым и бурой лесной почвой, согласно табл. 1, обусловлена высоким содержанием органического вещества: на 60% и 20,5%, по сравнению с черноземом супесчаным и бурой лесной, различием в гранулометрическом составе и реакции почвенной среды.

В большинстве случаев, при воздействии висмута зафиксировано снижение исследуемых показателей. Причинами негативного воздействия висмута на фитотоксические свойства почв, как и у многих тяжелых металлов, явились ингибирование ферментов, снижение проницаемости биологических мембран и, как результат, нарушение обмена веществ [39].

На чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый наибольшее токсическое воздействие висмут оказал в дозе 100 УДК через 30 суток после загрязнения. Влияние на 30 сутки дозы висмута 100 УДК, вызывало снижение всхожести семян редиса. При повышении дозы до 10 и 100 УДК на всех сроках прослеживается угнетающее действие висмута на корневую систему растений.

В экотоксикологии известны случаи стимулирующего действия различных химических веществ, поступающих в живые организмы или в почву в малых количествах [35, 38]. Они получили название «эффекта малых доз». Ранее, в исследованиях, проведенных по аналогичной методике, наблюдалось стимулирующее действие токсикантов относительно контроля (незагрязненной почвы) при загрязнении чернозема обыкновенного I и даже 10 ПДК Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, As и другими поллютантами, считающимися более опасными [40-42]. Данный факт свидетельствует о потенциальной токсичности висмута и актуальности изучения последствий загрязнения ним почв и экосистем. По данным авторов, при изучении воздействия (Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, As и др) наблюдали выраженные тенденции к восстановлению биологических свойств почв на 90-е сутки после загрязнения [40-42]. В настоящем исследовании на 90-е сутки загрязнения чернозем обыкновенный приобретал первоначальные свойства. Это свидетельствует о токсичности висмута и высокой его опасности для изучаемых объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе изучения влияния висмута на три типа почв, характерных для южных регионов России, наблюдали снижение фитотоксических показателей. Отмечено угнетение всхожести и роста корневой системы растений редиса при внесении в почвы изучаемых доз элемента. Однако, всхожесть семян редиса на черноземе обыкновенном тяжелосуглинистом при загрязнении дозами 1 и 10 УДК при коротком (10 суток) и продолжительном сроке (90 суток) не отличалась от контроля. 10 УДК и 100 УДК были более токсичными для чернозема легкосуглинистого, чем для чернозема обыкновенного и бурой лесной почвы. По степени устойчивости к загрязнению висмутом образуется следующий ряд:

чернозем обыкновенный > бурая лесная > чернозем легкосуглинистый.

Вероятно, это обусловлено тем, что чернозем обыкновенный имеет нейтральную реакцию среды (рН), содержит больше гумуса, а бурая лесная почва имеет кислую среду. Чернозем легкосуглинистый оказался наиболее чувствительным объектом к загрязнению висмутом, поскольку обладает меньшим запасом органического вещества и более легким гранулометрическим составом.

Исследование выполнено при поддержке государственной ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-3464.2018.11) и Министерства образования и науки Российской Федерации (5.5735.2017/8.9).

Список литературы

1. Касимов Н.С. Технофильность химических элементов в начале XXI века / Н.С. Касимов, Д.В. Власов // Вестн. Моск. ун-та Сер. 5. География. – 2012. – № 1. – С. 15-22.
2. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах / Ю.Н. Водяницкий – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии. – 2009. – 184 с.
3. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами / Ю.Н. Водяницкий – М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. – 2017. – 192 с.
4. Das Arabinda K. Analytical techniques for the determination of bismuth in solid environmental samples / K. Das Arabinda, Ruma Chakraborty, M. Luisa Cervera, Miguel de la Guardia // Trend in Analytical Chemistry. – 2006. – Vol.25, No. 6. – P. 599-608.
5. Dobrowolski R. Determination of bismuth in environmental samples by slurry sampling graphite furnace atomic absorption spectrometry using combined chemical modifiers / R. Dobrowolski, J. Dobrzyńska, B. Gawrońska // Environ Monit Assess. – 2015. – 187 (1):4125.
6. Alloway B.J. Sources of heavy metals and metalloids in Soils / B.J. Alloway // Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. – New York: Springer. – 2010. – P. 11–50.
7. Умнов В.А. Управление отходами в горной промышленности / В.А. Умнов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1995. – №5. – С. 99-106.
8. Галямова Г.К. Химические элементы в почвах г. Усть-Каменогорска / Г.К. Галямова // Юг России: экология, развитие. География и геоэкология. – 2013. – №2. – С. 120-126.
9. Алексеенко В. А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов: монография / В.А. Алексеенко, А. В. Алексеенко. – Ростов н/Д: Издательство Южного федерального университета. – 2013. – 380 с.
10. Cabrera F. Heavy metal pollution of soils affected by the Guadamar toxic flood / F. Cabrera, L. Clemente, E. Diaz Barrientos, R. López, J.M. Murillo // Sci Total Environ. – 1999. – 242: 117–129.
11. Soriano A., Deposition of heavy metals from particulate settleable matter in soils of an industrialised area / A. Soriano, S. Pallarés, F. Pardo, A.B. Vicente, T. Sanfeliu, J. Bech // Journal of Geochemical Exploration. – 2012. – 113: 36-44.
12. Li Z.Y. A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment / Z.Y. Li, Z.W. Ma, T.J. Van der Kuijp, Z.W. Yuan, L. Huang // Science of the Total Environment. – 2014. – 468:843-853.
13. Xiong Q.L. Dustfall heavy metal pollution during winter in North China / Q.L. Xiong, W.J. Zhao, X.Y. Guo, T.T. Shu, F.T. Chen, X.X. Zheng, Z.N. Gong // Bull. Environ. Contam. Toxicol. – 2015, Oct. – 95(4):548-554.
14. Шевченко В.П. Особенности накопления тяжелых металлов кустистыми эпифитными лишайниками в Республиках Алтай и Хакасия / В.П. Шевченко, Д.П. Стародымова, А.А. Афанасьева, А.Ю. Бычков, Я.В. Бычкова, В.В.Конева, А.С. Саввичев // Фундаментальные исследования. Биологические науки. – 2014. – № 12. – С. 2373-2377.

15. Горбань Д.Н. Содержание висмута в полыни Гмелина в природно-техногенном ландшафте Шерловогорского рудного района / Д.Н. Горбань // Экология. Здоровье. Спорт: Матер. VI междунар. науч.-практ. конф. – Чита. – 20-21 мая 2015. – С. 16-21.
16. Юргенсон Г.А. Биогеохимия растений и проблема рекультивации хвостохранилищ / Г.А. Юргенсон, Д.Н. Горбань // Эволюция и современное состояние ландшафтов и биоты Внутренней Азии. – 2016. – С. 284-291.
17. Юргенсон Г.А. Особенности распределения висмута в почвах, технозомах и растениях Шерловогорского рудного района / Г.А. Юргенсон, Д.Н. Горбань // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 7. – С.111-116.
18. Юргенсон Г.А. Свинец и висмут в полыни Гмелинахвостохранилища Шерловогорского ГОКа (Юго-Восточное Забайкалье) / Г.А. Юргенсон, Д.Н. Горбань // Вестник Заб ГУ. – 2015. – № 10 (125). – С. 20-32.
19. Черняхов В.Б. Основные параметры распределения меди в растительном покрове Яман-Касинского медно-колчеданного месторождения [Электронный ресурс] / В.Б. Черняхов, Е.Г. Щеглова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (59). – С. 167-171.
20. Черняхов В.Б. Распределение тяжелых металлов в растительном покрове Яман-Касинского месторождения / В.Б. Черняхов, О.Н. Калинина, М.И. Алексеев // Университетский комплекс, как региональный центр образования, науки и культуры. – Оренбург: ОГУ. – 2012. – С. 844 -851.
21. Jung M.C. Arsenic, Sb and Bi contamination of soil, plants, waters and sediments in the vicinity of the dalsung Cu-W mine in Korea / M.C. Jung, I. Thronton, H.-T. Chon // The Science of the total environment. – 2002. – No. 1-3. – P. 81-89.
22. Wei C. Arsenic, antimony, and bismuth uptake and accumulation by plants in an old antimony mine, China / C. Wei, Q. Deng, F. Wu, Z. Fu, L. Xu // Biol. Trace. Elem. Res. – 2011, Dec. – 144(1-3):1150-8.
23. Алексеев В.А. К вопросу о содержании химических элементов в почвах селитебных ландшафтов / В.А. Алексеев, Н.П. Лаверов, А.В. Алексеев // Школа экологической геологии и рационального природопользования. – СПб. – 2011. – С. 39-45.
24. Алексеев В.А. Кларки химических элементов почв селитебных ландшафтов. Методика проведения исследований / В.А. Алексеев, Н.П. Лаверов, А.В. Алексеев // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2012. - № 3. – С. 120-125.
25. Алексеев В.А., Химические элементы в городских почвах / В.А. Алексеев, А.В. Алексеев. – М.: Логос. – 2014. – 312 с.
26. Селиванова Н. В. Утилизация отходов гальванического производства / Н. В. Селиванова, Т. А. Трифонова, Л. А. Ширкин // Известия Самарского научного центра РАН. – Самара. – 2011. – Т. 13, № 1. – С. 2085-2088.
27. Ларионова Н.А. Воздействие предприятий алюминиевой промышленности на загрязнение окружающей среды // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы: Матер. VМеждунар. научн.-практ. конф. Воронеж (13-15 сентября 2017 г.). – Воронеж: Научная книга. – 2017. – С. 78-80.
28. UnaiCortada M. Impact in soil caused by metal (loid)s in lead metallurgy. The case of Cruz Smelter (Southern Spain) / M. UnaiCortada, C. Hidalgo, J. Martinez, J. Rey //Journal of Geochemical Exploration. – July, 2018. – Vol. 190. – P. 302-313.
29. Кудин М.В. Микроэлементный состав волос и ногтей у детей, проживающих в условиях воздействия цементной пыли / М.В. Кудин // Вопросы детской диетологии. – 2010. – Т. 8. – № 6. – С. 47-50.
30. Кошелева Н.Е. Природные и техногенные факторы аккумуляции висмута и кадмия в почвах Восточного округа Москвы / Н.Е. Кошелева, Д.В. Власов // Экологические проблемы промышленных городов: Сб. научн. трудов по матер. 6-й Всеросс. научн. -практ. конф. с междунар. участием. – Саратов. – 2013. – Ч. 1. – С. 212-216.
31. Крылов Д.А. Негативное влияние элементов-примесей от угольных ТЭС на окружающую среду / Д.А. Крылов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 12. – С. 77-87.
32. Богачева Т.М. Экологическая безопасность угольных ТЭС / Т.М. Богачева, В.А. Юшинов // Экология и промышленность России. – 2015. – Т. 19. – № 7. – С. 40-43.

33. Сидорова Г.П. Экологическое воздействие угольных ТЭС на окружающую среду / Г.П. Сидорова, Д.А. Крылов, А.А. Якимов // Вестник ЗабГУ. – 2015. – № 9 (124). – С. 28-38.
34. Нагорный С.В. Повышенное содержание в среде обитания и дисбаланс в организме людей ряда макро- и микроэлементов как причина аллопеции и системного поражения организма детей / С.В. Нагорный, В.П. Тидген, Е.А. Цибульская, В.Г. Коньков // Микроэлементы в медицине. – 2000. – 1:35-50.
35. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants / A. Kabata-Pendias. – 4th Edition. Boca Raton, FL: CrcPress. – 2010. – 548 p.
36. Kolesnikov S.I. Ranking of Chemical Elements According to Their Ecological Hazard for Soil / S.I. Kolesnikov, K. Sh. Kazeev, V.F. Val'kov, S.V. Ponomareva // Russian Agricultural Sciences. – 2010. – Vol. 36. – No. 1. – P. 32-34.
37. Скрыбин В.А. Нанопрепараты серебра и висмута из здравоохранения в растениеводство / В.А. Скрыбин // Сб. матер. 13-й Всеросс. научн.-практ. конф. (06 -10 июня 2016 г., г. Анапа). – Анапа: КФ ФГБНУ «ВНИИЗ». – 2016. – С. 34-39.
38. Murata T. Effects of bismuth contamination on the growth and activity of soil microorganisms using thiols as model compounds / T. Murata // J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng. – 2006. – 41(2):161-72.
39. Zvyagintsev D.G. Microbiological and biochemical indicators of contamination of lead sod-podzolic soil / D.G. Zvyagintsev, A.V. Kurakov A.V., M.M. Umarov, Z. Filip // Eurasian Soil Science. – 1997. – № 9. – P. 1003-1009.
40. Колесников С.И. Агроэкологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. Дисс. на соиск. уч. ст. д.с.-х.н. / С.И. Колесников. – Ростов н/Д. – 2001. – 329 с.
41. Колесников С.И. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на биологическую активность черноземов обыкновенных Северного Приазовья и Западного Предкавказья. Автореф. дис. к.г.н. / С.И. Колесников. – Ростов н/Д. – 1998. – 24 с.
42. Колесников С.И. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков. – Ростов н/Д: Изд-во Ростиздат. – 2006. – 385 с.

THE EFFECT OF BISMUTH POLLUTION ON THE PHYTOTOXICITY OF THE SOILS IN SOUTHERN RUSSIA

Sudina L.V., Tsepina N.I., Minnikova T.V., Kolesnikov S.I.

*Academy of biology and biotechnology, Department of Ecology Southern Federal University,
Rostov-on-Don, Russian Federation
E-mail: malusik_07@inbox.ru*

Bismuth (Bi), for half a century is one of the most technophilic elements. Its high content is recorded in all components of the environment and on almost all continents. When bismuth accumulates in the soil, it is deposited in the organs of various plants. The main sources of bismuth pollution of the environment and soil cover are the metallurgical industry, cement plants, motor transport, coal thermal power plants (TPP). However, the influence of bismuth on the biological properties of soils and ecological status is poorly understood. It seems relevant to identify patterns, mechanisms and possible consequences of the influence of bismuth on the state of the soil, the establishment of limits of soil resistance to pollution, regulation of bismuth content. The aim of the work was to study the influence of bismuth pollution on phytotoxic properties of soils in the South of Russia.

The object of study selected soils typical of the South of Russia: ordinary Chernozem, brown forest soil and light loamy Chernozem. For model studies, soil samples were taken from the upper arable layer (0-20 cm), since it retains most of the pollutants, including heavy metals. Bismuth contamination was simulated in the laboratory. The study element made in the form of a solution of nitrate of bismuth (III) 5-water at concentrations of 3.36 mg/kg, or 33.6 mg/kg and 336 mg/kg. the experiment was in 3 multiple biological replicates. Phytotoxic properties of soils were evaluated in the work, as they are the first to react to external chemical effects. Laboratory and analytical studies were carried out using generally accepted methods in biology, soil science and ecology. The seeds of radish (*Raphanus sativus* L.) variety "16 days" were used as a biological model. In the process of studying the influence of bismuth on three types of soils typical for the southern regions of Russia, a decrease in phytotoxic parameters was observed. The inhibition of germination and growth of the root system of radish plants when introducing the studied doses of the element into the soil was noted. However, the germination of radish seeds on Chernozem ordinary heavy loam when contaminated with doses of 1 and 10 UDC for a short (10 days) and long term (90 days) did not differ from the control. 10 UDC and 100 UDC were more toxic for light loamy Chernozem than for ordinary Chernozem and brown forest soil. The degree of resistance to pollution bismuth is formed in the following range: ordinary black-soil > brown forest > black soil is light loam. This is probably due to the fact that ordinary Chernozem has a neutral reaction medium (pH), contains more humus, and brown forest soil – has an acidic environment. The black soil is light loam was the most sensitive object to pollution bismuth, because it has a smaller margin of organic matter and easier grading.

Keywords: bismuth, pollution, ordinary Chernozem, sandy loam Chernozem, brown forest soil, germination, root length.

References

1. Kasimov N.S., Vlasov D.V. Technophilicity of chemical elements at the beginning of the XXI century. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiia. 1: 15-22. (2012).
2. Vodyanitsky Yu.N. Heavy and superheavy metals and metalloids in contaminated soils. GNU Soil Institute named after V.V. Dokuchaev. Russian Agricultural Academy. 184 p. (2009).
3. Vodyanitsky Yu.N. Soil pollution by heavy metals and metalloids. Moscow State University of Lomonosov. 192 p. (2017).
4. Das Arabinda K., Ruma Chakraborty, M. Luisa Cervera, Miguel de la Guardia Analytical techniques for the determination of bismuth in solid environmental samples. Trend in Analytical Chemistry. Vol.25, No. 6. 599-608. (2006).
5. Dobrowolski R, Dobrzyńska J, Gawrońska B. Determination of bismuth in environmental samples by slurry sampling graphite furnace atomic absorption spectrometry using combined chemical modifiers. Environ Monit Assess. Jan; 187 (1): 4125. Published online 2014 Nov 12. (2015).
6. Alloway B.J.: Sources of heavy metals and metalloids in Soils. In: Alloway B.J. (ed.): Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. New York, Springer. 11-50. (2010).
7. Umnov V.A. Waste Management in the Mining Industry. Mining Information and Analytical Bulletin. 5: 99-106. (1995).
8. Galyamova G.K. Chemical elements in the soils of Ust-Kamenogorsk. South of Russia: ecology, development. Geography and geoecology. 2: 120-126. (2013).
9. Alekseenko, V. A. Chemical elements in geochemical systems. Clarks of soil of residential landscapes: monograph. Rostov-na-Donu: Publishing house of the Southern Federal University. 380 p. (2013).
10. Cabrera F, Clemente L, Diaz Barrientos E et al Heavy metal pollution of soils affected by the Guadiamar toxic flood. Sci Total Environ. 242: 117-129. (1999).

11. Soriano A, S. Pallarés, F. Pardo, A.B. Vicente, T. Sanfeliu, J. Bech b Deposition of heavy metals from particulate settleable matter in soils of an industrialized area *Journal of Geochemical Exploration*. 113: 36-44. (2012).
12. Li ZY, Ma ZW, Van der Kuijp TJ, Yuan ZW, Huang L. A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment. *Science of the Total Environment*. 468: 843-853. (2014).
13. Xiong QL, Zhao WJ, Guo XY, Shu TT, Chen FT, Zheng XX, Gong ZN. Dustfall heavy metal pollution during winter in North China / *Bull Environ Contam Toxicol*, Oct; 95 (4): 548-554. (2015).
14. Shevchenko V.P., Starodymova D.P., Afanasyeva A.A., Bychkov A.Yu., Bychkova Y.V., Koneva V.V., Savvichev A.S. Features of the accumulation of heavy metals by bushy epiphytic lichens in the Republics of Altai and Khakassia. *Basic research. Biological sciences*. 12: 2373-2377. (2014).
15. Gorban D.N. The content of bismuth in the wormwood Gmelin in the natural and technogenic landscape of the Sherlovogorsk ore district. *Ecology. Health. Sports: Mater. VI international scientific-practical conf. Chita, May 20-21, From 16-21*. (2015).
16. Jurgenson G.A., Gorban D.N. Plant biogeochemistry and the problem of tailing dump remediation. *Evolution and current status of landscapes and biota of Inner Asia*. 284-291. (2016)
17. Jurgenson G.A., Gorban D.N. Features of the distribution of bismuth in soils, industrial soils and plants of the Sherlovogorsk ore district. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 7: 111-116. (2017).
18. Jurgenson G.A., Gorban D.N. Lead and bismuth in the wormwood of the Gmelin tailing dump of the Sherlovogorsk GOK (Southeast Transbaikalia). *Bulletin of the State University*. 10 (125): 20-32. (2015).
19. Chernyakhov V. B., Scheglova E. G. The main parameters of the distribution of copper in the vegetation cover of the Yaman-Kasinsky copper-pyrite deposit. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. 3 (59): 167-171. (2016).
20. Chernyakhov VB, Kalinina ON, Alekseev MI, Distribution of heavy metals in the vegetation cover of the Yaman-Kasinsky deposit. *University complex as a regional center of education, science and culture. Orenburg: OSU*. 844-851. (2012).
21. Jung M.C., Thronton I, Chon H.-T. Arsenic, Sb and Bi contamination of soil, plants, waters and sediments in the vicinity of the dalsung Cu-W mine in Korea. *The Science of the total environment*. 1 (3): 81-89. (2002).
22. Wei C, Deng Q, Wu F, Fu Z, Xu L. Arsenic, antimony, and bismuth uptake and accumulation by plants in an old antimony mine, China. *Biol Trace Elem Res*. 2011 Dec; 144 (1-3): 1150-8. doi: 10.1007 /s12011-011-9017-x. Epub Mar 10. (2011).
23. Alekseenko V.A., Laverov N.P., Alekseenko A.V. To the question of the content of chemical elements in the soils of residential landscapes. *School of Environmental Geology and Environmental Management. Sankt-Petersburg*. 39-45. (2011).
24. Alekseenko V.A., Laverov N.P., Alekseenko A.V. Clarks of soil chemical elements in residential landscapes. *Research methodology. Problems of biogeochemistry and geochemical ecology*. 3: 120-125. (2012).
25. Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. *Chemical elements in urban soils*. 312 p. (2014).
26. Selivanova, N.V. Utilization of waste from galvanic production. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Samara*. T. 13, No. 1. 2085-2088. (2011).
27. Larionova N.A. The impact of aluminum industry enterprises on environmental pollution. *Ecological geology: theory, practice and regional problems: Mater. VInternational. scientific-practical conf. Voronezh (September 13-15, 2017). Voronezh. Publishing house "Scientific book"*. 78-80. (2017).
28. Unai Cortada M., Carmen Hidalgo, Julian Martinez, Javier Rey Impact in soil caused by metal (loid) s in lead metallurgy. The case of Cruz Smelter (Southern Spain) *Journal of Geochemical Exploration Vol. 190, July, P. 302-313*. (2018).
29. Kudin M.V. The micronutrient composition of hair and nails in children living under the influence of cement dust. *Questions of children's dietetics*. V. 8, No. 6. 47-50. (2010).
30. Kosheleva N.E., Vlasov D.V. Natural and technogenic factors of bismuth and cadmium accumulation in the soils of the Eastern District of Moscow. *Ecological problems of industrial cities: Sat. scientific works on mater. 6th All-Russian. scientific-practical conf. from the international participation. Ed. Prof. Tikhomirova E.I. Saratov*. 1: 212-216. (2013).

31. Krylov D.A. The negative impact of impurity elements from coal-fired thermal power plants on the environment. *Mountain Information and Analytical Bulletin*. 12: 77-87. (2017).
32. Bogacheva T.M., Yushinov V.A. Ecological safety of coal TPPs. *Ecology and Industry of Russia*. V. 19. No. 7. 40-43. (2015).
33. Sidorova G.P., Krylov D.A., Yakimov A.A. The environmental impact of coal TPPs on the environment. *Vestnik ZabGU*. 9 (124). 28-38. (2015).
34. Nagorny S.V., Tidgen V.P., Tsibulskaya E.A., Konkov V.G. The increased content in the environment and the imbalance in the human body of a number of macro- and microelements as the cause of alopecia and systemic damage to the body of children. *Trace elements in medicine*. 1: 35-50. (2000).
35. Kabata-Pendias A., *Trace Elements in Soils and Plants*. 4th Edition. Boca Raton, FL: CrcPress. 548 p. (2010).
36. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F., and Ponomareva S.V. Ranking of Chemical Elements According to Their Ecological Hazard for Soil. *Russian Agricultural Sciences*. Vol. 36. No. 1. 32-34. (2010).
37. Skryabin, V. A., nano-preparations of silver and bismuth of health in crop production. *Proc. mater. 13 th all-Russia. scientific.scient. Conf. (06 -10 June 2016, Anapa)*. KF GNU "VNIIZ". Anapa. 34-39. (2016).
38. Murata T. Effects of bismuth contamination on the growth and activity of soil microorganisms using thiols as model compounds. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*. 41(2):161-72. (2006).
39. Zvyagintsev D. G., Kurakov A. V., Səfərov M. M., Filip Z. Microbiological and biochemical indicators of lead contamination of sod-podzolic soil. *Eurasian Soil Science*. No. 9. 1003-1009. (1997).
40. Kolesnikov S. I. Agroecological aspects of soil pollution by heavy metals. Dissertation for the degree of doctor of agricultural Sciences. Rostov-on-Don. 329 p. (2001).
41. Kolesnikov S. I. Influence of heavy metal pollution on the biological activity of ordinary chernozems of the Northern Azov and Western Caucasus. Abstract. dis. Candidate geographer. sciences'. Rostov-on-Don. 24 p. (1998)
42. Kolesnikov S. I., Kazeev K. sh., valkov V. F. Ecological state and functions of soils in conditions of chemical pollution. Rostov-on-Don: publishing house of forestsat. 385 p. (2006).