

Выводы

1. Лесорастительные условия вскрышных горных пород в Кабардино-Балкарии характеризуются большим разнообразием. Они определяются географическим положением и геологическим строением местности, глубиной карьеров, способом формирования отвалов. В отвалах горные породы чаще всего представлены техническими грунтовыми смесями.

2. Необходимо учитывать взаимное влияние почвы на растение и особенности создаваемых культур, т. е. их отношение к влаге, теплу, свету, дыму, газу, малоплодородным почвам и прочим экологическим факторам.

3. Обращать внимание на специфические лесорастительные условия каждого месторождения и их частей, определяющие агротехнику, ассортимент, методы и способы создания культур, их назначение и т.д.

4. Сочетать в комплексе сельскохозяйственную, лесохозяйственную и другие виды рекультивации, обеспечивающее закрепление и облесение отвалов, полное прекращение ветровой и водной эрозии.

5. При создании защитных насаждений на нарушенных землях необходимо индивидуально подходить не только к видам растений, но и к каждому конкретному участку техногенного ландшафта.

Библиографический список

1. Алиев И.Н., Хамарова З.Х. Эколого-биологическая оценка пригодности деревьев и кустарников для лесной рекультивации бросовых земель в Кабардино-Балкарии // Биологическое разнообразие Кавказа: VII Междунар. конф. – Теберда, 2005. – С. 19-21.

2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М., 1979. – 416 с.

3. Машины для рекультивации нарушенных земель: справочник / под ред. Т.К. Надршина. – М.: Недра, 1981. – 357 с.

4. Минерально-сырьевая база строительной индустрии Российской Федерации. Т. 44. Республика Кабардино-Балкария // Комитет

РФ по геологии и использованию недр. Российский федеральный геологический фонд. – М., 1994. – С. 27-34.

5. Моторина Л.В. Комплексные экологические исследования как основа разработки технологии рекультивации земель // Экологические основы рекультивации земель. – М., 1985. – С. 19-25.

6. Панков Я.В. Рекультивация ландшафтов: учебник. – Воронеж, 2010. – 164 с.

7. Чередникова О.Н. Создание лесных культур на деградированных горных склонах Маркотхского хребта (Северо-Западный Кавказ): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Воронеж, 2006. – 19 с.

References

1. Aliev I.N., Khamarova Z.Kh. Ekologo-biologicheskaya otsenka prigodnosti derev'ev i kustarnikov dlya lesnoi rekul'tivatsii brosovykh zemel' v Kabardino-Balkarii // Biologicheskoe raznoobrazie Kavkaza: VII mezhdunar. konf. – Teberda, 2005. – S. 19-21.

2. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. – M., 1979. – 416 s.

3. Mashiny dlya rekul'tivatsii narushennykh zemel': spravochnik / pod red. T.K. Nadrshina. – M.: Nedra, 1981. – 357 s.

4. Mineral'no-syr'evaya baza stroitel'noi industrii Rossiiskoi Federatsii. Tom 44. Respublika Kabardino-Balkariya // Komitet RF po geologii i ispol'zovaniyu neдр. Rossiiskii federal'nyi geologicheskii fond. – M., 1994 – S. 27-34.

5. Motorina L.V. Kompleksnye ekologicheskie issledovaniya kak osnova razrabotki tekhnologii rekul'tivatsii zemel' // Ekologicheskie osnovy rekul'tivatsii zemel'. – M., 1985. – S. 19-25.

6. Pankov Ya.V. Rekul'tivatsiya landshaftov: uchebник. – Voronezh, 2010. – 164 s.

7. Cherednikova O.N. Sozdanie lesnykh kul'tur na degradirovannykh gornyykh sklonakh Markotkhsogo khrebta (Severo-Zapadnyi Kavkaz): avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Voronezh, 2006. – 19 s.



УДК 502/504, 550.47

Н.Ю. Белозубова, В.М. Зубкова, В.В. Реуцкая
N.Yu. Belozubova, V.M. Zubkova, V.V. Reutskaya

**ПОСТУПЛЕНИЕ СВИНЦА, КАДМИЯ И МЫШЬЯКА В ПАСТИЩНЫЕ РАСТЕНИЯ
 В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**THE UPTAKE OF LEAD, CADMIUM AND ARSENIC BY PASTURE PLANTS
 UNDER THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION**

Ключевые слова: миграция, свинец, кадмий, мышьяк, пастбищные растения, аккумулирующая способность растений, светло-каштановые почвы, Волгоградская область.

Keywords: migration, lead, cadmium, arsenic, pasture plants, plant accumulation capacity, light-chestnut soils, Volgograd Region.

В условиях Волгоградской области на светлокаштановых почвах изучена аккумулирующая по отношению к Pb, Cd и As способность пастбищных растений. Исследованы образцы почвы и кормовых трав, отобранных на территории пастбищ. Изучено содержание Pb, Cd, As в корнях, стеблях и листьях лебеды раскидистой (*Btriplex patula*), донника лекарственного (*Melilytus officinblis*), житняка узкоколосого (*Agropyron desertorum*), пырея ползучего (*Elytrngia rypens*), тростника южного (*Phrbgmities communis*). Для оценки миграции элементов в системе почва-растение в проведенных исследованиях использовали коэффициент биологического поглощения (КБП) и коэффициент накопления (КН). Пастбищные растения характеризовались низким содержанием токсичных элементов. По содержанию Cd в надземной части растений пастбищные травы образовали следующий ряд: лебеда > донник лекарственный > пырей ползучий > житняк > тростник. Максимальное содержание Cd наблюдалось в корнях. Содержание Cd в корнях житняка и пырея ползучего в 8 раз превышает содержание этого элемента в стеблях, а донника лекарственного – в 2 раза. Защитная функция корней по отношению к Cd у пырея ползучего и житняка проявляется сильнее. Содержание As в пастбищных травах (0,03-0,10 мг/кг) находилось в пределах содержания As в растениях, произрастающих на незагрязненных почвах 0,009-1,5 мг/кг. Практически у всех изучаемых пастбищных растений наиболее обогащены мышьяком листья и корни. Наблюдались различия по характеру распределения Pb в органах пастбищных растений. У донника лекарственного, лебеды и пырея ползучего наибольшее содержание Pb наблюдалось в листьях и корнях. У житняка наиболее обогащены свинцом корни, а у тростника – листья и стебли. Защитная функция корней по отношению к Pb сильнее проявлена у пырея ползучего, наименее – у донника лекарственного.

The accumulation capacity of pasture plants for Pb, Cd and As on light-chestnut soils under the conditions of the Volgograd Region was studied. The samples of soils and forage grasses taken on the pastures were studied. The content of Pb, Cd and As in the roots, stems and leaves of the following plants was studied: common orache (*Atriplex patula*), common melilot (*Melilotus officinalis*), desert wheatgrass (*Agropyron desertorum*), common couch grass (*Elytrigia repens*) and common reed grass (*Phragmites communis*). To evaluate the migration of the elements in the soil-plant system, the biological absorption coefficient and the accumulation coefficient were used in the research. The pasture plants revealed low content of toxic elements. In terms of Cd content in plant aboveground parts, the pasture grasses formed the following series: common orache > common melilot > common couch grass > desert wheatgrass > common reed grass. The maximum Cd content was found in the roots. The Cd content in the roots of desert wheatgrass and common couch grass is 8 times greater than that in the stems; it is 2 times greater for common melilot. The protective function of the roots in regard to Cd reveals to a greater extent in common couch grass and desert wheatgrass. The arsenic content in the pasture grasses (0.03-0.10 mg/kg) was within the As content in the plants growing on uncontaminated soils (0.009-1.5 mg/kg). The leaves and roots of practically all studied pasture plants were arsenic-loaded to the greatest extent. There were some differences in the pattern of Pb distribution in the pasture plant organs. The greatest Pb content in common melilot, common orache and common couch grass was found in the leaves and roots. The roots of desert wheatgrass are lead-loaded to the greatest extent while in common reed grass it is the leaves and stems. The protective function of the roots in regard to Pb is stronger revealed in common couch grass and least revealed in common melilot.

Белозубова Наталья Юрьевна, к.б.н., доцент каф. техносферной безопасности и экологии, Российский государственный социальный университет, г. Москва. E-mail: gerlinger_natali@mail.ru.

Зубкова Валентина Михайловна, д.б.н., проф. каф. биоэкологии, Российский государственный аграрный заочный университет, г. Москва. E-mail: vzubkova@rambler.ru.

Реуцкая Вера Владимировна, к.б.н., доцент каф. техносферной безопасности и экологии, Российский государственный социальный университет, г. Москва. E-mail: revera1977@gmail.com.

Belozubova Natalya Yuryevna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Chair of Technosphere Safety, Russian State Social University, Moscow. E-mail: gerlinger_natali@mail.ru.

Zubkova Valentina Mikhaylovna, Dr. Bio. Sci., Prof., Chair of Bioecology, Russian State Social University, Moscow. E-mail: vzubkova@rambler.ru.

Reutskaya Vera Vladimirovna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Chair of Technosphere Safety, Russian State Social University, Moscow. E-mail: revera1977@gmail.com.

Введение

Глобальные масштабы круговорота химических элементов в природе обуславливают неразрывную связь растительных и животных организмов с геохимической средой их обитания.

Волгоградская область характеризуется мощным производственным потенциалом и находится на первом месте в Южном федеральном округе по объемам выбросов, что

обуславливает повышенную техногенную нагрузку на компоненты биосферы.

Нарушение экологического равновесия в природе сказывается, в первую очередь, на почве, поскольку она является главным приемником и аккумулятором токсичных элементов. Вместе с тем почва выступает первым звеном в пищевой цепи почва – растение – животное – человек.

Передвижение многих химических элементов через агроценозы – явление комплекс-

ное, особенно для элементов, которые присутствуют в почвах и растениях в малых количествах. Это относится, прежде всего, к микроэлементам (Mn, B, Zn, Cu, Co и Mo), роль которых в жизни растений и животных в настоящее время хорошо изучена, а также к тяжелым металлам (Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, Sn и др.) и As, которые могут оказывать токсическое действие на живые объекты.

В литературе широко представлены результаты исследований по изучению содержания токсичных элементов в почве [1, 2], транслокации тяжелых металлов в системе почва-растение [3-6].

Однако в связи с разнотипным характером техногенного воздействия, проявляющимся на территории Российской Федерации, в том числе Волгоградской области, необходимо региональное изучение элементного состава всех звеньев трофической цепи, особенно закономерностей распределения элементов в агроценозах, граничащих с промышленными центрами, в которых экономически выгодно производство продукции растениеводства и животноводства вследствие непосредственной близости от потребителей и предприятий переработки.

Изучение миграции тяжелых металлов и мышьяка является особенно важным, так как конечным звеном трофической цепи является человек. Сельскохозяйственная продукция с содержанием токсичных элементов, превышающим уровень ПДК, опасна для здоровья как человека, так и животных.

В связи с этим изучение содержания тяжелых металлов и мышьяка в почвах, а также закономерностей поступления и накопления их в пастбищных растениях является актуальным.

Поступление и накопление тяжелых металлов растениями определяются видовыми особенностями поглощать и накапливать тяжелые металлы, обусловленных наличием физиолого-биохимических защитных механизмов, препятствующих поступлению тяжелых металлов [7].

Между химическим составом растений и элементным составом среды существует связь, но прямая зависимость содержания тяжелых металлов в растениях от содержания в почве часто нарушается из-за избирательной способности растений к накоплению элементов в необходимом количестве, а также свойств самой почвы [8]. Чаще наблюдают прямую корреляционную зависимость содержания тяжелых металлов в растениях от содержания их подвижных форм в почвенном растворе.

Имеется предположение о том, что существуют два ведущих фактора формирования элементного состава растений – генетический и экологический. Их долевое участие меняет-

ся в зависимости от изменения условий среды. Экологический фактор становится ведущим при техногенном загрязнении среды обитания тяжелыми металлами, особенно их подвижными формами.

Целью исследований явилось изучение содержания и особенностей накопления свинца, кадмия и мышьяка пастбищными растениями в условиях Волгоградской области.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1) установить содержание Pb, Cd и As в почве пастбища;

2) определить концентрацию свинца, кадмия и мышьяка в корнях, стеблях и листьях растений;

3) установить аккумуляционную по отношению к Cd, Pb и As способность пастбищных растений в условиях Волгоградской области.

Методика исследования

Исследования проводили на светлокаштановых почвах Светлоярского района, которые находятся под влиянием южной промзоны г. Волгограда, включающей объекты металлургической, нефтеперерабатывающей, химической промышленности и теплоэнергетики. На территории района расположены интенсивно действующие авто- и железнодорожные магистрали.

На расстоянии 10 км от южной промзоны г. Волгограда расположено ОАО «Червленое». В хозяйстве сосредоточено стадо более 800 голов коров разных пород, молоко которых ежедневно поступает на молочные заводы.

Для изучения миграции тяжелых металлов в системе почва-пастбищные растения в июле 2010 г. были исследованы образцы почвы и кормовых трав, отобранных на пастбищах ОАО «Червленое» Светлоярского района, – лебеда раскидистая (*Btriplex patula*), донник лекарственный (*Melilytus officinblis*), житняк узкоколосый (*Agropэron desertorum*), пырей ползучий (*Elytrngia rypens*), тростник южный (*Phrbgmities communis*).

Почвенные образцы с территории пастбища отбирали методом прикопок в соответствии с принятыми в геохимии и почвоведении методиками [9].

Для оценки загрязнения почв Pb, Cd и As определено содержание потенциально-доступных и валовых форм этих элементов.

Установление концентрации перечисленных элементов в растительных образцах, отобранных на тех же площадках, что и почва, осуществляли по органам: корни, стебли, листья. В зависимости от размера отбирали по 10-30 растений и более.

Агрохимические анализы почв и растений проводили по соответствующим методикам,

разработанным ЦИНАО и принятым агрохимической службой.

Содержание тяжелых металлов в растениях и почве определяли атомно-абсорбционным методом с использованием спектрофотометра «Спектр – 5-3». Содержание мышьяка в почвах и растениях определяли фотоколориметрическим методом на приборе «КФК-3».

Для оценки миграции элементов в системе почва-растение в проведенных исследованиях использовали коэффициент биологического поглощения (КБП – отношение содержания элемента в золе растений к валовому содержанию его в почве, на которой произрастает данное растение) и коэффициент накопления (КН – отношение содержания элемента в сухой массе растений к содержанию подвижных форм элемента в почве, на которой произрастает данное растение).

Математическую обработку проводили стандартными методами.

Результаты и их обсуждение

Содержание Cd в различных органах пастбищных растений составляло 0,01-0,20 мг/кг (табл. 1) и соответствовало уровню содержания его, приведенному в литературных источниках (0,02-1,26 мг/кг) [10].

По содержанию Cd в надземной части пастбищные растения образовали следующий ряд: лебеда раскидистая > донник лекарственный > пырей ползучий > житняк узкоколосый > тростник южный.

Максимальное содержание Cd наблюдалось в корнях. Так, у житняка узкоколосого и пырея ползучего оно в 10 и 8 раз, соответственно, превышает содержание этого элемента в стеблях, а донника лекарственного – в 1,3 раза. Следовательно, защитная функция корней по отношению к Cd у пырея ползучего и житняка узкоколосого выражена сильнее.

В процессах метаболизма в растениях образуются органические соединения с хелатирующими свойствами. При проникновении ионов тяжелых металлов в корни происходит их хелатирование и, как следствие, снижение подвижности. Предполагают, что определенную защитную функцию в корнях могут выполнять пояски Каспари, препятствующие движению веществ по межклеточному пространству и ограничивающие их переход в проводящие ткани [11].

Содержание As в пастбищных травах (0,03-0,10 мг/кг) находилось в пределах содержания As в растениях, произрастающих на незагрязненных почвах 0,009-1,5 мг/кг [12].

По содержанию As в надземной части пастбищные растения образовали следующий ряд: тростник южный > лебеда раскидистая > пырей ползучий > донник лекарственный = житняк узкоколосый.

Практически у всех изучаемых пастбищных растений наиболее обогащены мышьяком листья и корни (табл. 1).

Природное содержание Pb в растениях изменяется в пределах 0,1-10 мг/кг [13]. В наших исследованиях содержание Pb в пастбищных растениях отличалось более низкими значениями и составляло 0,06-1,10 мг/кг.

По содержанию Pb в надземной части пастбищные растения образовали следующий ряд: лебеда раскидистая > донник лекарственный > тростник южный > житняк узкоколосый > пырей ползучий.

При этом выявлены различия по характеру распределения Pb в отдельных органах пастбищных растений. Так, у донника лекарственного, лебеды раскидистой и пырея ползучего наибольшее содержание Pb отмечено в листьях и корнях. У житняка узкоколосого наиболее обогащены свинцом корни, а у тростника южного – листья и стебли (табл. 1).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в пастбищных растениях, мг/кг продукции

Название растения	Часть растения	Pb	Cd	As
Донник лекарственный (<i>Melilotus officinalis</i>)	Листья	0,63±0,10	0,01±0,01	0,04±0,02
	Стебли	0,36±0,07	0,01±0,01	0,03±0,02
	Корни	0,43±0,08	0,02±0,01	0,06±0,04
Лебеда раскидистая (<i>Btriplex patula</i>)	Листья	1,10±0,12	0,03±0,02	0,08±0,04
	Стебли	0,23±0,04	0,07±0,03	0,06±0,03
	Корни	0,60±0,08	0,20±0,08	0,07±0,03
Пырей ползучий (<i>Elytrngia rypens</i>)	Листья	0,30±0,02	0,01±0,01	0,04±0,02
	Стебли	0,06±0,05	0,01±0,01	0,04±0,02
	Корни	0,94±0,10	0,08±0,04	0,06±0,03
Житняк узкоколосый (<i>Agropэron desertorum</i>)	Листья	0,23±0,04	0,01±0,01	0,04±0,02
	Стебли	0,28±0,03	0,01±0,01	0,03±0,02
	Корни	1,08±0,10	0,08±0,03	0,05±0,03
Тростник южный (<i>Phrbgmities communis</i>)	Листья	0,60±0,08	0,01±0,01	0,09±0,05
	Стебли	0,30±0,05	0,01±0,01	0,07±0,05
	Корни	0,36±0,04	0,01±0,01	0,10±0,06
МДУ		5,0	0,3	0,5

Защитная функция корней по отношению к Рb сильнее проявилась у пырея ползучего (содержание Рb в корнях в 15,7 раз больше его содержания в стеблях), наименее – у донника лекарственного (содержание Рb в корнях превосходило его содержание в стеблях в 1,2 раза).

Наибольшее количество тяжелых металлов локализуется, как правило, в корнях, значительно меньше – в надземных органах растений, особенно генеративных, то есть наблюдается акропетальное распределение за счет существования нескольких барьеров, ограничивающих поступление тяжелых металлов с восходящим током веществ [11].

Показателем степени накопления элементов растениями является коэффициент биологического поглощения. С увеличением КБП элементы более активно переходят из почвы в растения. По величине КБП можно судить о степени биофильности элемента.

Интенсивность поглощения элементов для определенного вида растений варьировала в зависимости от элемента.

Следует отметить накопление Cd в корнях лебеды, а также относительно высокий коэффициент накопления этого элемента в корнях пырея ползучего и житняка узкоколосого (табл. 2).

В целом необходимо отметить высокую избирательную способность изучаемых растений по отношению к тяжелым металлам. Коэффициенты биологического поглощения Рb не превышали для корней значений 0,13, стеблей – 0,04, листьев – 0,13.

Однако в листьях донника лекарственного и тростника южного Рb накапливался более интенсивно по сравнению с Cd.

Результаты наших исследований свидетельствуют о дифференциации в интенсивности накопления тяжелых металлов разными органами растений.

Так, наиболее интенсивное накопление Рb в растениях пырея ползучего и житняка узкоколосого наблюдалось в корнях (значения КБП составляли 0,11 и 0,13 соответственно),

а донника лекарственного, лебеды раскидистой и тростника южного – в листьях (КБП – 0,08; 0,13 и 0,07 соответственно).

Наиболее интенсивное накопление Cd во всех растительных образцах обнаружено в корнях, причем у лебеды раскидистой отмечается высокая степень накопления Cd (КБП = 1,22).

В связи с вышеизложенным необходимо отметить уже существующую опасность накопления Cd в почве при содержании его 1,6 мг/кг, так как после поедания надземной массы растений животными за счет остающихся корней возможна аккумуляция этого элемента в верхнем горизонте.

В растениях донника лекарственного, пырея ползучего, житняка узкоколосого наиболее интенсивное накопление As отмечено в корнях, тростника южного – в корнях и листьях, лебеды раскидистой – в листьях.

Из рассматриваемых пастбищных растений наиболее интенсивным накоплением характеризовались в целом растения лебеды раскидистой, наименее интенсивным – растения тростника южного.

Выводы

1. В большой степени содержание элемента в растениях определял сам элемент. Из изучаемых элементов максимальное содержание отмечено для свинца, минимальное – для кадмия.

2. Наибольшим содержанием мышьяка в надземной части растений характеризовался тростник южный, а кадмия и свинца – лебеда раскидистая.

3. В отличие от свинца и мышьяка, наибольшее накопление которых было обнаружено в надземной части либо корнях в зависимости от вида растения, наиболее интенсивное накопление Cd во всех растительных образцах обнаружено исключительно в корнях, причем у лебеды раскидистой отмечается высокая степень накопления Cd (КБП = 1,22).

Таблица 2

Накопление тяжелых металлов и мышьяка пастбищными растениями

Название растения	Листья	Стебли	Корни
Донник лекарственный (<i>Melilytus officinblis</i>)	Pb(0,08)>Cd(0,06) >As(0,01)	Cd(0,08)>Pb(0,04) >As(0,00)	Cd(0,11)>Pb(0,05) >As(0,01)
Лебеда раскидистая (<i>Btriplex patula</i>)	Cd(0,21)>Pb(0,13) >As(0,01)	Cd(0,44)>Pb(0,03) >As(0,01)	Cd(1,22)>Pb(0,07) >As(0,01)
Пырей ползучий (<i>Elytrngia ripens</i>)	Cd(0,06)>Pb(0,04) >As(0,01)	Cd(0,06)>Pb(0,01) >As(0,01)	Cd(0,50)>Pb(0,11) >As(0,01)
Житняк узкоколосый (<i>Agropэron desertorum</i>)	Cd(0,06)>Pb(0,03) >As(0,01)	Cd(0,05)>Pb(0,03) >As(0,00)	Cd(0,50)>Pb(0,13) >As(0,01)
Тростник южный (<i>Phrbgmites communis</i>)	Pb(0,07)>Cd(0,06) >As(0,01)	Cd(0,06)>Pb(0,04) >As(0,01)	Cd(0,08)>Pb(0,04) >As(0,01)

Библиографический список

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в агроландшафте. – СПб.: ПИЯФ РАН, 2008. – 216 с.
2. Федоров А.С. Устойчивость почв к антропогенным воздействиям. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2008. – 204 с.
3. Черных Н.А. Закономерности поведения тяжелых металлов в системе почва-растение при различной антропогенной нагрузке: дис. д-ра биол. наук: 06.01.04. – М., 1995. – 39 с.
4. Прохорова Н.В., Матвеев Н.М., Павловский В.А. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье. – Самара: Изд-во Самарского ун-та, 1998. – 131 с.
5. Торшин С.П. Влияние естественных и антропогенных факторов на формирование микроэлементного состава продукции растениеводства: автореф. дис. докт. биол. наук: 02.00.16, 06.01.04. – М., 1998. – 32 с.
6. Зубкова В.М. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах и влияние удобрений на их поведение в системе почва – растение: дис. докт. биол. наук: 06.01.04. – М., 2004. – 518 с.
7. Гогмачадзе Г.Д. Агроэкологический мониторинг почв и земельных ресурсов Российской Федерации / предисл. и общ. ред. Д.М. Хомякова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2010. – 592 с.
8. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Клименко Г.А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 95 с.
9. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. – М.: Наука, 1990. – 142 с.
10. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях / пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
11. Ягодин Б.А., Виноградова С.Б., Говорина В.В. Кадмий в системе почва – удобрения – растения – животные организмы и человек // Агрохимия. – 1989. – № 5. – С. 118-129.
12. Карпова Е.А., Потатуева Ю.А. Мышь-як в почвах и растениях // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – Т. 4. – С. 30-34.
13. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г. и др. Накопление тяжелых металлов растениями ячменя на черноземе и каштановой почве // Агрохимия. – 2009. – № 10. – С. 53-63.

References

1. Alekseev Yu.V. Tyazhelye metally v agrolandshafte. – SPb.: PIYaF RAN, 2008. – 216 s.
2. Fedorov A.S. Ustoichivost' pochv k antropogennym vozdeistviyam. – SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 2008. – 204 s.
3. Chernykh N.A. Zakonomernosti povedeniya tyazhelykh metallov v sisteme pochva-rastenie pri razlichnoi antropogennoi nagruzke: dis. ... d-ra biol. nauk: 06.01.04. – M., 1995. – 39 s.
4. Prokhorova N.V., Matveev N.M., Pavlovskii V.A. Akkumulyatsiya tyazhelykh metallov dikorastushchimi i kul'turnymi rasteniyami v lesostepnom i stepnom Povolzh'e. – Samara: Izd-vo «Samarskii universitet», 1998. – 131 s.
5. Torshin S.P. Vliyanie estestvennykh i antropogennykh faktorov na formirovanie mikroelementnogo sostava produktsii rastenievodstva: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk: 02.00.16, 06.01.04. – M., 1998. – 32 s.
6. Zubkova V.M. Osobennosti nakopleniya i raspredeleniya tyazhelykh metallov v sel'skokhozyaistvennykh kul'turakh i vliyanie udobrenii na ikh povedenie v sisteme pochva – rastenie: dis. ... d-ra biol. nauk: 06.01.04. – M., 2004. – 518 s.
7. Gogmachadze G.D. Agroekologicheskii monitoring pochv i zemel'nykh resursov Rossiiskoi Federatsii / G.D. Gogmachadze; predisl. i obshch. red. D.M. Khomyakova. – M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 2010. – 592 s.
8. Dmitriev M.T., Kaznina N.I., Klimenko G.A. Zagryaznenie pochv i rastitel'nosti tyazhelymi metallami. – M.: Izd-vo MGU, 1989. – 95 s.
9. Alekseenko V.A. Geokhimiya landshafta i okruzhayushchaya sreda. – M.: Nauka, 1990. – 142 s.
10. Kabata-Pendias A., Pendias Kh. Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh; per. s angl. – M.: Mir, 1989. – 439 s.
11. Yagodin B.A., Vinogradova S.B., Govorina V.V. Kadmii v sisteme pochva – udobreniya – rasteniya – zhivotnye organizmy i chelovek // Agrokhimiya. – 1989. – № 5. – S. 118-129.
12. Karpova E.A., Potatueva Yu.A. Mysh'yak v pochvakh i rasteniyakh // Khimizatsiya sel'skogo khozyaistva. – 1991. – T. 4. – S. 30-34.
13. Minkina T.M., Motuzova G.V., Nazarenko O.G. i dr. Nakoplenie tyazhelykh metallov rasteniyami yachmenya na chernozeme i kashtanovoi pochve // Agrokhimiya. – 2009. – № 10. – S. 53-63.

