

УДК 581.5

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ¹

© 2006 Ю.А.Демич²

На примере небольшого индустриально развитого города (г. Балашов) рассматриваются некоторые аспекты экологической ситуации. Приводятся результаты определения накопления тяжелых металлов в почвах и некоторых высших растениях. Обсуждается влияние загрязнения тяжелыми металлами на компоненты городских экосистем.

Введение

Современные города являются специфическими урбанозекосистемами, в которых одной из базовых компонент является почва [10]. Выполняя важные средообразующие функции, почва влияет на химический состав воздуха, атмосферных осадков и подземных вод, выступает универсальным физико-химическим и биологическим адсорбентом, поставщиком и регулятором содержания углекислого газа, кислорода и азота в воздухе [1]. Современные городские почвы значительно отличаются от естественных почв. В городах образуются урбаноземы, возникающие в результате перемешивания и загрязнения естественной почвы несвойственными ей строительными материалами, бытовым мусором, нефтепродуктами и отходами промышленного производства [14]. Почва как основа экотопа в значительной мере определяет макро- и микроэлементный химический состав произрастающих на ней растений [3, 4, 6 – 8]. Подвижные формы тяжелых металлов способны переходить в растения. Значительное уплотнение, нарушение структуры и загрязнение почв влияют на состав и развитие растительных сообществ.

Целью настоящих исследований являлось изучение влияния тяжелых металлов на окружающую среду.

Методика и объекты исследований

Объектом исследований являлись антропогенно нарушенные экосистемы г. Балашова и его окрестностей, в частности, рекреационная зона. Основными объектами исследования были мхи, в частности, *Bryum capillare* Hedw., который

¹ Представлена доктором биологических наук профессором Н.М.Матвеевым.

² Демич Юлия Александровна, Саратовский государственный университет, Балашовский филиал.

характеризуется максимальной металлопоглощающей способностью и весьма часто встречается в условиях г. Балашова [8]. Среди высших растений наиболее активными накопителями техногенных элементов являются представители семейств Salicaceae и Ulmaceae. Для проведения анализа нами была выбрана ива белая (плакучая форма) (*Salix alba* f. '*Vitellina pendula*'). Пробные площади брали как в самом городе, в местах, наиболее подверженных антропогенному воздействию (комбинат плащевых тканей, железнодорожный и автовокзалы, городские парки), так и в рекреационной зоне. Контролем выступают окрестные села. Тяжелые металлы в растительных пробах определяли в их зольных растворах на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Результаты исследований

Содержание тяжелых металлов в почвах г. Балашова и Балашовского района.

Наиболее распространенным типом почв в районе исследований является чернозем обыкновенный. Почвы характеризуются слабощелочной реакцией и средним содержанием гумуса, что способствует активной аккумуляции тяжелых металлов (таблица 1).

В результате полученных данных следует сделать заключение о том, что почвы города значительно загрязнены свинцом, цинком и медью. Как видно из таблицы, средние концентрации меди в 1,5-4 раза, цинка – в 1,5-2 раза превышают фоновые значения. В районе автовокзала концентрация свинца в 2,7 раза превышает ПДК, цинка – в 1,8 и меди – в 1,3. В то же время содержание в почве ртути, марганца, никеля, кобальта и кадмия на всех пробных площадях ниже ПДК.

Содержание тяжелых металлов в фитомассе *Bryum capillare* Hedw. Подтверждением полученных данных о содержании тяжелых металлов в почве являются проведенные нами исследования фитомассы *Bryum capillare* Hedw. Тяжелые металлы, превышающие ПДК в почве, имеют и высокую концентрацию в фитомассе мхов, что видно из табл. 2 и рисунка.

Результаты показали, что в районе села «Лесное», рекреационной зоне и парках города зарегистрировано небольшое содержание тяжелых металлов в изучаемых мхах.

Содержание тяжелых металлов в листьях *Salix alba* f. '*Vittelina pendula*' находится в прямой зависимости от степени антропогенной нагрузки.

Наибольшее содержание тяжелых металлов в листьях отмечено в районах с максимальным антропогенным прессингом. Это район автовокзала и комбината плащевых тканей (табл. 3).

Таблица 1

**Содержание тяжелых металлов в почве г. Балашова
и его рекреационной зоне, мг/кг (2005 г.)**

Номер и район пробной площади	Hg	Pb	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Cd
1 – КПТ	0,03	75,7	130,0	136,0	27,5	23,0	9,3	0,44
2 – Район нового моста	0,025	24,0	118,0	91,0	14,1	29,0	7,7	0,45
3 – Автовокзал	0,033	87,0	105,0	200,0	29,8	28,0	8,6	0,50
4 – Парк им. Куйбышева	0,02	32,6	108,0	53,0	12,8	18,0	8,6	0,38
5 – Район «Козловки»	0,026	32,8	107,0	106,0	21,5	28,0	8,0	0,44
6 – Лес за рекой Хопер	0,02	28,7	101,0	65,0	15,8	29,0	7,4	0,40
7 – Район села «Лесное»	0,02	27,6	98,0	67,0	14,9	26,7	7,5	0,38
ПДК*	2,1	32,0	1500	110,0	23,0	35,0	50,0	5,0
Фоновое содержание	0,20	20,0	–	68,0	25,0	45,0	15,0	0,24

Примечание * – ПДК содержания тяжелых металлов в почве по [13]

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в фитомассе

***Bryum capillare* Hedw, мг/кг (2005 г.)**

Номер и район пробной площади	Hg	Pb	Mn	Zn	Cu	Co	Cd
1 – КПТ	0,008	25,0	90,0	237,0	16,8	2,1	0,57
2 – Район нового моста	0,006	22,0	80,0	169,0	9,3	1,57	0,27
3 – Автовокзал	0,009	26,1	98,0	245,0	19,4	2,4	0,62
4 – Парк им. Куйбышева	0,005	11,4	66,0	66,0	7,9	1,31	0,23
5 – Район «Козловки»	0,007	14,1	45,0	144,0	8,7	1,41	0,29
6 – Лес за рекой Хопер	0,004	5,7	32,0	32,0	6,1	0,78	0,19
7 – Район села «Лесное»	0,003	5,4	32,5	31,0	5,4	0,7	0,2

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в листьях

Salix alba f. 'Vittelina pendula', мг/кг (2005 г.)

Район пробной площади	Hg	Pb	Mn	Zn	Cu	Co	Cd
1 – КПТ	0,006	0,60	55,0	48,0	5,2	0,96	0,064
2 – Район нового моста	0,005	0,57	44,2	45,0	5,1	0,78	0,061
3 – Автовокзал	0,007	0,88	66,7	50,0	5,8	1,22	0,074
4 – Парк им. Куйбышева	0,003	0,32	24,4	29,0	3,1	0,50	0,024
5 – Район «Козловки»	0,004	0,45	50,4	36,0	4,1	0,86	0,054
6 – Лес за рекой Хопер	0,003	0,24	14,8	32,0	1,9	0,34	0,017
7 – Район села «Лесное»	0,003	0,2	14,0	31,0	1,7	0,34	0,021

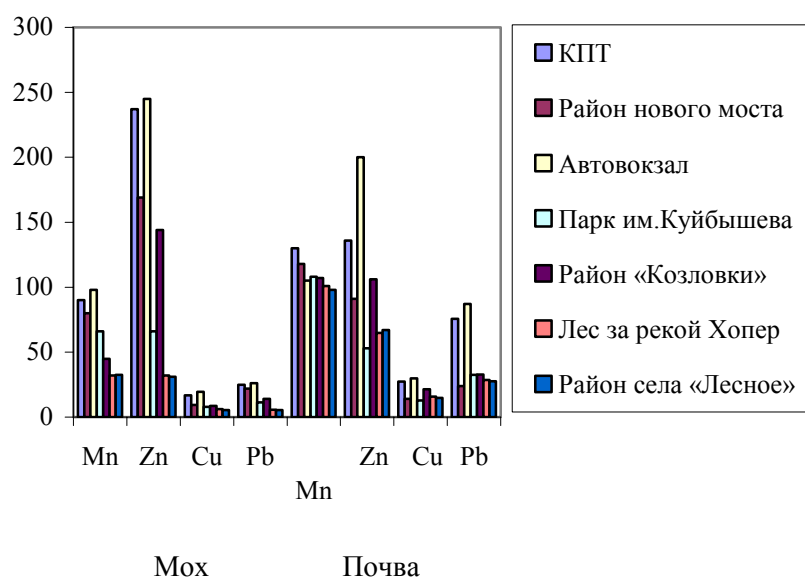


Рис. Тяжелые металлы в почве и мхе, мг/кг (2005 г.)

Проведенные исследования показали, что почвенные и растительные объекты в районе изучения загрязнены тяжелыми металлами, такими как Hg, Pb, Mn, Zn, Cu, Co, Cd, причем, концентрация свинца, цинка и меди в ряде случаев превышает ПДК. В условиях интенсивного техногенного загрязнения растения оказываются в трудных для существования условиях. На загрязненных территориях угнетается развитие зональной растительности вплоть до полного исчезновения. На почвах с высоким содержанием металлов формируются специфические антропогенно нарушенные сообщества, представленные в основном рудеральной флорой.

Экобиологическая характеристика видового состава фитоценозов в районе исследований. Исследования проводились на специальных пробных площадях (ПП). Для удобства проведения флористического анализа все ПП объединили в четыре большие группы по степени антропогенной нагрузки. Первую группу представляют участки с умеренной нагрузкой; вторую – со средней; третью – с сильной. Участки с незначительной антропогенной нагрузкой, представленные в основном сельскими луговыми площадями, отнесены в четвертую группу. Ранг 10 ведущих семейств урбанofлоры ПП г. Балашова и Балашовского района представлен в табл. 4.

Таблица 4

Ведущие семейства урбанофлоры ПП г. Балашова и Балашовского района

Флоры	Ранг ведущих семейств									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-гр., умеренная нагрузка	Com ²³	Gr ¹⁴	Pap ¹³	Cr ³	Lam ⁵	Scr ⁵	Car ⁵	Um ⁵	Ch ²	Pl ¹
Аборигенная фракция	Com ¹⁶	Gr ¹²	Pap ¹¹	Cr ²	Lam ⁵	Scr ⁵	Car ⁵	Um ⁵	Ch ¹	Pl ¹
Адвентивная фракция	Com ⁷	Gr ²	Pap ²	Cr ¹	Lam ⁰	Scr ⁰	Car ⁰	Um ⁰	Ch ¹	Pl ⁰
2-гр., средняя нагрузка	Com ²¹	Gr ¹⁴	Pap ⁹	Cr ⁴	Lam ²	Scr ²	Car ²	Um ¹	Ch ²	Pl ²
Аборигенная фракция	Com ¹⁶	Gr ¹²	Pap ⁸	Cr ³	Lam ²	Scr ²	Car ²	Um ¹	Ch ¹	Pl ²
Адвентивная фракция	Com ⁵	Gr ²	Pap ¹	Cr ¹	Lam ⁰	Scr ⁰	Car ⁰	Um ⁰	Ch ¹	Pl ⁰
3-гр., сильная нагрузка	Com ²⁶	Gr ¹²	Pap ¹⁰	Cr ⁷	Lam ³	Scr ²	Car ³	Um ¹	Ch ⁴	Pl ²
Аборигенная фракция	Com ¹⁶	Gr ¹¹	Pap ⁹	Cr ⁶	Lam ³	Scr ²	Car ³	Um ¹	Ch ³	Pl ²
Адвентивная фракция	Com ¹⁰	Gr ¹	Pap ¹	Cr ¹	Lam ⁰	Scr ⁰	Car ⁰	Um ⁰	Ch ¹	Pl ⁰
4-гр., незначит. нагрузка	Com ¹²	Gr ⁶	Pap ⁵	Cr ⁴	Lam ²	-	Car ¹	-	Ch ¹	Pl ¹
Аборигенная фракция	Com ⁹	Gr ⁶	Pap ⁵	Cr ³	Lam ¹	-	Car ¹	-	Ch ¹	Pl ¹
Адвентивная фракция	Com ³	Gr ⁰	Pap ⁰	Cr ¹	Lam ¹	-	Car ⁰	-	Ch ⁰	Pl ⁰

Примечание. Com – Compositae (Asteraceae) – Сложноцветные. Gr – Gramineae (Poaceae) – Злаки. Pap – Papilionaceae (Fabaceae) – Мотыльковые. Cr – Cruciferae (Brassicaceae) – Крестоцветные. Lam – Lamiaceae – Губоцветные. Scr – Scrophulariaceae – Норичниковые. Car – Cariophyllaceae – Гвоздичные. Um – Umbelliferae (Apiaceae) – Зонтичные. Ch – Chenopodiaceae – Маревые. Pl – Plantaginaceae – Подорожниковые.

На изучаемой территории, входящей в экосистемы г. Балашова и его рекреационную зону, зарегистрирован 171 вид растений из 34 семейств. На участках третьей группы обнаружено 84 вида растений, принадлежащих к 21 семейству. При этом отмечено 64 аборигенных вида и 20 – адвентивных. На участках второй группы зарегистрировано 74 вида из 20 семейств, из них 61 аборигенный вид и 13 адвентивных. На участках первой группы отмечено 103 вида из 27 семейств. При этом 84 вида составляет аборигенная фракция и 19 – адвентивная. На сельских пастбищах зарегистрировано 44 вида растений из 16 семейств, из

них 36 аборигенных видов и 8 – адвентивных. Как показывает анализ, наибольшее видовое богатство имеют городские участки с небольшой антропогенной нагрузкой. Адвентивные виды представляют четыре ведущих семейства: Compositae, Gramineae, Cruciferae и Papilionaceae.

В процессе исследований на ПП изучались видовое разнообразие растений, их проективное покрытие (%) и средняя высота особей (см). Количество видов варьирует от 103 до 84. Сельские пастбища имеют небогатый (44 вида), но стабильный видовой состав со 100%-ным проективным покрытием. Участки первой, второй и третьей групп имеют проективное покрытие 90, 85 и 77% соответственно. Видовой состав, горизонтальное распределение и ярусность сильно меняются в зависимости от степени нарушенности почвогрунта, стадии сукцессии и рекреационной нагрузки. Наиболее типичны сообщества, находящиеся на начальных стадиях сукцессии, а поэтому представленные в основном однолетними растениями.

Следует также отметить, что на нарушенных участках уменьшается средняя высота отдельных видов растений. В основном этому подвержены двулетники и многолетники. Например, у травянистого длиннокорневищного многолетника *Achillea millefolium* L. уменьшается высота более чем в 2 раза и составляет в среднем $25,4 \pm 0,12$ см (в норме – $55,5 \pm 0,04$ см). У двулетника *Arctium lappa* L. – $48,6 \pm 0,02$ см (в норме – $87,5 \pm 0,02$ см). Двулетнее сорно-рудеральное растение *Berteroa incana* (L.) DC. также уменьшает среднюю высоту вдвое – $24,2 \pm 0,04$ см ($50,2 \pm 0,02$ см – в норме). Травянистый корневищный многолетник *Trifolium repens* L. – $18,0 \pm 0,04$ см ($27,6 \pm 0,04$ см – в фоновой экосистеме). Высота двулетника *Melilotus alba* L. более чем в 3 раза уменьшается при увеличении антропогенной нагрузки и составляет $33,1 \pm 0,02$ см ($100,0 \pm 0,01$ см – в контроле). Такие же показатели были получены и для многолетника *Urtica dioica* L. $30,4 \pm 0,04$ см ($100,0 \pm 0,01$ – в норме). В то же время однолетники практически не меняют показатели средних высот в этих условиях. Это говорит о нестабильности нарушенных экосистем. Как известно, однолетники (эксплеренты) первыми начинают заселять нарушенные местообитания, при этом они замещают аборигенные виды (виоленты).

Видовой состав растений, произрастающих на территориях, загрязненных тяжелыми металлами, представлен рудеральными и сорными видами: *Poa pratensis* L., *Festuca pratensis* Huds, *F. valesiaca* Gaud. s. l., *Acinos arvensis* (Lam.) Dandy, *Convolvulus arvensis* L., *Knautia arvensis* (L.) Coult., *Medicago lupulina* L., *M. falcate* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Artemisia austriaca* Jacq., *A. vulgaris* L., *A. absinthium* L., *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey, *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Berteroa incana* (L.) DC., *Potentilla argentea* L., *Viola collina* Bess., *Ranunculus polyanthemus* L., *Consolida regalis* S.F. Gray.

В парках города, по опушкам и на открытых участках произрастают представители луговой, сорной и адвентивной флоры: *Plantago major* L., *Lappula patula* (Lehm.) Menyharth., *Ajuga genevensis* L., *Nepeta cataria* L., *Polygonum avi-*

culare L., *Silene vulgaris* (Moench.) Garcke., *Saponaria officinalis* L., *Solanum dulcamara* L., *Astragalus cicer* L., *Centaurea diffusa* Lat., *Portulaca oleraceae* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., *Setaria glauca* (L.) Beauv.

На усадебных территориях отмечены сорно-рудеральные растения: *Urtica dioica* L., *Chelidonium majus* L., *Conium maculatum* L., *Chenopodium album* L., *C. glaucum* L., *C. urbicum* L., *Asperugo procumbens* L., *Stachys annua* (L.) L., *Ballota nigra* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Bidens frondosa* L., *Cyclachaena xanthifolia* (Nutt.) Fresen., *Tripleurospermum inodorum* L., *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey., *Arcium lappa* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Sonchus arvensis* L., *Malva pusilla* Smith., *Sisymbrium loeselii* L., *S. altissimum* L., *S. officinale* (L.) Scop., *Cardaria draba* (L.) Desv., *Avena fatua* L., *Eletrigea repens* (L.) Nevski., *Linaria vulgaris* Mill., *Euphorbia virgata* Waldst. et kit.

Выбитые участки характеризуются наличием адвентов, таких как *Cyclachaena xanthifolia* (Nutt.) Fresen и *Polygonum aviculare* L., который является ярким урбанофилом. Он занимает большие площади в разных местообитаниях, часто являясь доминантом [5, 9].

Проведенные исследования показывают значительную дифференциацию флористического состава сообществ в пределах территории г. Балашова. Просматривается различие в структуре фитоценозов между центральной частью города и участками у автострады, где деградирована почва и жесткие условия среды. Для растений здесь характерны неветвящиеся или слабоветвящиеся надземные части (*Polygonum aviculare* L., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.). В городе есть ряд адвентивных растений – *Cyclachaena xanthifolia* (Nutt.) Fresen, *Bidens frondosa* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop, *Impatiens noli-tangere* L. Они вытесняют близкородственные аборигенные виды из их фитоценозов, что создает серьезную экологическую проблему [9]. Их присутствие является индикатором нарушенности экосистем.

Литература

- [1] Воронков, Н. А. Экология / Н.А. Воронков. – М.: Агар, 2000. – 431 с.
- [2] Ильин, В.Б. Элементарный химический состав растений / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1985. – 129 с.
- [3] Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе «почва-растение» / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
- [4] Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
- [5] Кучеров, Е.В. Горец птичий (*Polygonum aviculare* L.), его распространение и использование в республике Башкортостан / Е.В. Кучеров; под ред. В.С. Новикова и А.В. Щербакова // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ: Материалы научной конференции / – М.: Бот сад МГУ, 2003. – С. 60.

- [6] Матвеев, Н.М. Тяжелые металлы в некоторых сельскохозяйственных растениях Самарской области / Н.М. Матвеев [и др.] // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах. – Самара, 1995. – С. 122-127.
- [7] Матвеев, Н.М. Тяжелые металлы в почвах и растениях Самарской области / Н.М. Матвеев [и др.] // Экология и здоровье человека: тез. докл. Всероссийск. конф. – Самара, 1994. – С. 111-112.
- [8] Никитин, С.И. Тяжелые металлы в древесно-кустарниковых растениях Самарской Луки / С.И. Никитин, Н.В. Прохорова // Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений в степной зоне: тез. докл. науч. конф. – Самара, 1992. – С. 54-55.
- [9] Панасенко, Н.Н. Адвентивный элемент флоры крупного и малого города / Н.Н. Панасенко; под ред. В.С. Новикова и А.В. Щербакова // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ: Материалы научной конференции. – М.: МГУ, 2003. – с. 77.
- [10] Прохорова, Н.В. Основные принципы анализа изолинейного компьютерного картирования распределения тяжелых металлов в почвенном покрове городских территорий / Н.В. Прохорова, Н.М. Матвеев. – Самара: Изд-во СамГУ, 2003. – 49 с.
- [11] Прохорова, Н.В. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье / Н.В. Прохорова, Н.М. Матвеев, В.А. Павловский. – Самара: Изд-во «Самарский университет». – 1998. – 131 с.
- [12] Прохорова, Н.В. Накопление тяжелых металлов в некоторых сельскохозяйственных растениях / Н.В. Прохорова, Н.М. Матвеев, В.А. Павловский // Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений в степной зоне: тез. докл. науч. конф. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 1992. – С. 58-59.
- [13] Соколов, О.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие / О.А. Соколов, В.А. Черников // Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Кн. 1. – Пущино: ОНТИ ПНД РАН, 1999. – 164 с.
- [14] Строганова, М.Н. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв юго-западной части Москвы) / М.Н. Строганова, М.Г. Агаркова // Почвоведение, 1992. – №7. – С. 16-24.

Поступила в редакцию 25/IX/2006;
в окончательном варианте – 4/X/2006.

HEAVY METALS CONTENT IN SOME ENVIRONMENTAL COMPONENTS AND ITS EFFECT ON PLANT POPULATIONS³

© 2006 Yu.A. Demich⁴

The problems of small towns ecological situation are discussed using the example of Balashov city. In the paper results on soil cover and high plants research in urban conditions are given as the aspect of the heavy metals accumulation. The effect of heavy metals pollution on different components of urban ecosystems are discussed.

Paper received 25/IX/2006.

Paper accepted 4/X/2006.

³ Communicated by Dr. Sci. (Biology) Prof. N.M. Matveyev.

⁴ Demich Yuliya Alexandrovna, Saratov State University, Balashev Branch.