

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВДОЛЬ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ И В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОНАХ Г. НОВОСИБИРСКА

Мяделец М.А.¹, Сиромля Т.И.¹

¹*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия, e-mail: MarinaMyadelets@yandex.ru*

Полученные результаты свидетельствуют о том, что содержание исследуемых химических элементов в почвенно-растительном покрове вдоль автомагистралей и в рекреационных зонах г. Новосибирска в основном не превышает допустимых уровней. Влияние автотранспорта на загрязнение городских почв относительно низкое. Аномальное содержание отдельных химических элементов наблюдается в зоне влияния оловокомбината. Статистически значимой разницы между количеством исследуемых химических элементов в почвах и растениях вдоль автомагистралей и рекреационных зон в основном не обнаружено, как и в растительных образцах пробных площадок и аптечном сырье. Количество тяжелых металлов в растениях в целом несколько ниже либо соответствует кларковым значениям содержания химических элементов в растительности суши, за исключением кадмия и, в некоторых случаях, меди. Оценка всех исследуемых видов как аптечного сырья свидетельствует об отсутствии превышений допустимых значений содержания нормируемых химических элементов по СанПиН 2.3.2.1078-01 (для БАД на растительной основе), превышение допустимого содержания общей золы отмечается лишь для отдельных проб полыни. Степень поглощения химических элементов растениями существенно отличается у видов разных систематических групп, значения коэффициента корневого барьера в отношении хрома значительно варьируют внутри вида.

Ключевые слова: придорожные территории автомагистралей, рекреационные зоны, почва, лекарственные растения, химические элементы.

FEATURES OF THE ECOLOGICAL STATE OF SOIL AND VEGETATION ALONG HIGHWAYS AND IN RECREATIONAL AREAS OF NOVOSIBIRSK

Myadelets M.A.¹, Syromlya T.I.¹

¹*Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, Novosibirsk, Russia, e-mail: MarinaMyadelets@yandex.ru*

The results indicate that the content of the studied chemical elements in the soil-vegetation along highways and in recreational areas of Novosibirsk usually does not exceed acceptable levels. The impact of vehicles on the pollution of urban soils is relatively low. Anomalous contents of individual chemical elements is observed in the zone influence of tin works. No statistically significant difference between the number of investigated chemical elements in soil and plants along highways and recreational areas mostly are not detected, as in vegetable samples trial sites and pharmaceutical raw materials. The amount of heavy metal in plants are generally slightly lower or corresponds to the Clarke values of the content of chemical elements in the vegetation, with the exception of cadmium and, in some cases, copper. Assessment of all studied species as pharmaceutical raw materials indicates the absence of exceedances of allowable values of the normalized contents of chemical elements according to SanPin 2.3.2.1078-01 (for biologically active additive on a plant basis), exceeding the permissible total ash content observed only for separate samples of wormwood. The degree of absorption of chemical elements by plants differs significantly in species of different taxonomic groups, the values of the coefficient of a root barrier against chromium vary considerably within the species.

Keywords: transport area, recreational areas, soil, medicinal plants, chemical elements.

Город является ведущей формой территориальной и социально-экономической организации современного общества, в его пределах концентрируется и используется огромное количество вещества и энергии, весьма радикально преобразующих природную среду. В результате регулярного антропогенного и техногенного воздействия происходит неизбежное ухудшение экологического состояния урбоэкосистем в целом и почвенно-растительного покрова в частности [5]. В настоящее время вклад автотранспорта в

загрязнение атмосферы считается доминирующим и достигает 70-90 % в различных регионах [9] и по более 50% Новосибирской области (НСО) [1]. В почвы придорожных экосистем с продуктами сгорания топлива, аэрозольными частицами (за счет коррозии металлических частей автомобилей, износа колес и тормозных колодок, проезжих частей дорог и т.д.) постоянно поступает широкий спектр тяжелых металлов (ТМ) [10], оказывающих существенное влияние на придорожный растительный покров. Актуальным является изучение содержания и распределения химических элементов (ХЭ) в организме растений, произрастающих в условиях антропогенно измененных экосистем и, в частности, изменение качества растительного сырья, используемого в фармакологической промышленности [8].

Цель данной работы – оценка особенностей экологического состояния почвенного покрова и лекарственного растительного сырья вдоль автомагистралей и в рекреационных зонах г. Новосибирска.

Материал и методы исследования

В качестве объектов исследования были использованы образцы почв (глубина отбора 0-20 см в зоне расположения основной части корневой системы) и растений (надземная и подземная части), отобранных в фазу цветения. Изучаемые растения – 11 видов – принадлежат к семи ботаническим семействам: *Asteraceae* Dum. (одуванчик обыкновенный – *Taraxacum officinale* Wigg. s.l., цикорий обыкновенный – *Cichorium intybus* L., тысячелистник обыкновенный – *Achillea millefolium* L., ромашка лекарственная – *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert (*Matricaria recutita* L., *M. chamomilla* L.), полынь Сиверса – *Artemisia sieversiana* Willd.); *Plantaginaceae* Juss. (подорожник большой – *Plantago major* L.); *Urticaceae* Juss. (крапива двудомная – *Urtica cannabina* L.); *Papaveraceae* Juss. (чистотел большой – *Chelidonium majus* L.); *Apiaceae* Lindl. (тмин обыкновенный – *Carum carvi* L.); *Brassicaceae* Burnett (гулявник Лезеля – *Sisymbrium loeselii* L.); *Euphorbia* L. (молочай лозный – *Euphorbia virgata* Waldst. et. Kit.). Доминирующим является семейство *Asteraceae* (5 видов), что хорошо согласуется с данными анализа флоры городских территорий вдоль автомагистралей [3]. В научной медицине используются все вышеперечисленные виды растений, кроме полыни, гулявника и молочая.

Пробы почв и растений отбирали вдоль автомагистралей и в рекреационных зонах г. Новосибирска по общепринятым методикам. На каждой площадке бралось не менее 5 индивидуальных проб почв и растений, из которых составлялась средняя проба. Объем выборки в некоторых случаях небольшой (это связано с ограниченной распространенностью отдельных видов на исследуемых территориях), однако полученные данные дают определенное представление о содержании ХЭ в системе почва – растения.

В образцах почв определяли содержание физической глины по ГОСТ 12536-79, потенциальную кислотность ($pH_{\text{сол}}$) – по ГОСТ 26483-85, подвижную форму ТМ – по РД 52.18.289-90. Определение общего количества ртути проводили беспламенным атомно-абсорбционным методом, остальных ХЭ – методом атомно-эмиссионного спектрографического анализа с дуговым аргоновым двухструйным плазмотроном (в растениях – после сухого озоления). Содержание ХЭ приведено в пересчете на абсолютно-сухое вещество. Исследования выполнены в трех аналитических повторностях. Дополнительно были проанализированы образы аптечного сырья различных производителей.

Степень поглощения ХЭ растениями оценивалась по коэффициенту корневого барьера (Ккб) как отношение содержания ХЭ в корнях к содержанию его в надземных органах.

При статистической обработке экспериментальных данных рассчитывались среднее арифметическое значение M , стандартное отклонение SD , медиана Med , межквартильный размах, минимальные и максимальные значения. Проверка нормальности распределения исследуемых ХЭ была проведена по критериям Кульбака, Колмагорова-Смирнова, Джири, омега-квадрат. Проверка гипотез о равенстве дисперсий в нормально распределенных выборках проводилась по критериям Кокрена, Хартли, Бартлетта. При подтверждении гипотезы в дальнейшем проводился однофакторный параметрический дисперсионный анализ. При неравных дисперсиях, аномальном распределении, очень малом объеме выборок применяли непараметрический дисперсионный анализ по критериям Краскела-Уоллиса, Уилсона, Ni -квадрат. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости p принимался равным 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

В исследованных рекреационных зонах преобладают серые лесные легкосуглинистые почвы с близкой к нейтральной реакцией среды. Среди антропогенно нарушенных серых лесных и дерново-подзолистых почв вдоль автомагистралей также встречаются легкосуглинистые, но преобладают супесчаные с нейтральной реакцией среды, что вполне закономерно – антропогенное изменение почв в городах часто проявляется в искусственном облегчении их гранулометрического состава из-за обогащения песком. Отсутствие статистически значимой разницы между валовым содержанием всех исследованных ТМ в супесчаных и легкосуглинистых почвах можно объяснить тем, что для городских почв характерны случайные локальные загрязнения веществами разного генезиса, сказывающиеся на гранулометрическом и элементном химическом составе почв. Валовая концентрация исследованных ХЭ не превышает их фонового содержания в почвах НСО [4].

Статистически значимой разницы между количеством ХЭ в почвах вдоль автомагистралей и рекреационных зон также не обнаружено – как для валового содержания, так и для концентраций подвижных форм (табл. 1). Следует отметить, что содержание подвижных соединений зачастую не подчиняется закону нормального распределения, в связи с чем расчет среднего арифметического значения и стандартного отклонения не корректен, поэтому дополнительно приведены медианные значения.

Таблица 1

Содержание ТМ в почвах, мг/кг

ХЭ	Рекреационные зоны (n=15)				Транспортные зоны (n=40)				НСО (фоновое) [4]
	вал.		Подв.		Вал.		Подв.		
	M±SD	Med	M±SD	Med	M±SD	Med	M±SD	Med	
Cd	0,42±0,10	0,40	0,20±0,07	0,17	0,38±0,07	0,38	0,15±0,03	0,14	–
Co	9,4±2,7	8,6	0,7±0,4	0,8	11,2±3,1	11,6	1,0±0,3	1,0	11
Cr	51±14	48	< 1,0		62±17	66	< 1,0		61
Cu	16±4	15	0,8±0,4	0,4	20±5	21	0,4±0,2	0,3	43
Ni	34±8	33	2,0±1,1	1,6	38±9	38	1,8±0,4	1,7	40
Pb	*19±4	*18	*2,5±0,5	*2,6	19±5	17	2,8±1,1	2,4	18
Zn	66±20	62	7,8±3,1	6,2	71±2	65	5,6±2,5	5,7	92

Примечание. 1 – рекреационные зоны, 2 – зоны влияния автомагистралей. * – n равно 13 (исключены значения, превышающие ОДК). Прочерк – нет данных.

В супесчаных почвах обнаружено превышение ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) Ni и Zn по ГН 2.1.7.2511-09. Причина данного факта видится не в техногенном загрязнении окружающей среды, а в региональной геохимической специфике изученной территории – естественном повышенном содержании этих элементов в почвах, а также низких значениях ОДК, не учитывающих подобные явления природы. В рекреационных зонах г. Новосибирска встречаются локальные техногенно загрязненные участки: в двух обследованных точках было зафиксировано превышение ОДК Pb – 39 и 67 мг/кг, при нормируемом значении 32 мг/кг по ГН 2.1.7.2511-09 (для песчаных и супесчаных почв). Здесь же превышена предельно допустимая концентрация (ПДК) подвижной формы элемента – 10 и 20 мг/кг, при нормируемом значении 6 мг/кг по ГН 2.1.7.2041-06.

В почвенных образцах, отобранных в зоне влияния Новосибирского оловянного комбината, содержится значительно больше Sn – от 15 до 95 мг/кг при среднем содержании 2-3 мг/кг в остальных пробах, содержание As также увеличено и превышает ПДК. Менее значительное превышение ПДК по As отмечается и в некоторых других точках, но имеет природное происхождение и характерно для Западной Сибири в целом [4]. Содержание Hg существенно ниже ПДК (2,1 мг/кг) и в среднем составляет 0,005-0,010 мг/кг почвы.

Содержание всех исследованных ТМ в растениях рекреационных зон в среднем выше, чем у растений, произрастающих вдоль автомагистралей, однако в большинстве случаев эта разница статистически не значима (рис. 1). Подобное явление отмечается в надземной и подземной части ромашки, полыни, тысячелистника, гулявника, а также корнях тмина и молочая (табл. 2). В исследуемых выборках более чем в половине случаев проявляется аномальное распределение некоторых ХЭ, поэтому для удобства сравнения в таблице 2 во всех случаях приведены медианные значения (совпадающие со средними арифметическими значениями в нормально распределенных выборках). Более высокие медианные значения содержания исследованных ХЭ среди рассматриваемых видов растений в основном характерны для корней крапивы, ромашки, подорожника, в надземной части – для полыни и крапивы.

Следует отдельно отметить, что в растениях, произрастающих в зоне влияния Новосибирского оловянного комбината, существенно отличается количество олова и мышьяка. Содержание олова в корнях изменяется от 2 до 28 мг/кг, в наземной части – от 0,2 до 2,6 мг/кг (в зависимости от вида растения, степени удаленности и т.п.), в остальных же пробах – около 1 мг/кг в корнях и менее 0,1 мг/кг в наземной части растений. Мышьяк, как сопутствующий элемент, обнаруживается в корнях в количестве от 3 до 15 мг/кг, однако в наземной части уже ниже предела обнаружения, как и во всех остальных пробах.

Таблица 2

Содержание химических элементов в растениях, мг/кг

Пробы	n	Зола, %	ХЭ (Med)						
			Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>P. major</i> – подорожник большой									
1	15	16,0	0,56	0,56	1,07	9,7	1,57	0,79	28,2
		12,2	1,13	1,00	4,84	25,0	4,57	3,68	73,7
2	36	16,0	0,48	0,50	0,56	10,0	1,51	0,79	36,9
		14,5	0,89	1,52	6,56	25,7	5,40	1,85	85,9
3	10	18,5	0,87	0,53	3,66	21,9	2,98	2,30	27,0
<i>Ch. recutita</i> – ромашка лекарственная									
1	8	10,5	0,40	0,41	0,34	17,0	1,57	0,75	34,0
		10,9	1,18	1,11	5,52	30,5	3,98	4,43	43,5
2	22	9,0	0,36	0,33	0,33	16,5	1,49	0,49	19,3
		7,3	0,62	0,57	2,89	20,7	2,58	0,80	28,1
3	10	11,6	0,52	0,42	2,21	25,7	3,06	0,87	31,9
<i>U. cannabina</i> – крапива двудомная									
1	9	15,9	0,71	0,58	0,49	27,6	2,26	1,11	29,8
		11,0	0,77	0,83	3,98	29,9	5,13	2,01	56,2
2	12	17,1	0,51	0,57	0,69	10,7	2,32	0,98	21,9
		14,9	1,03	1,58	9,61	15,2	7,08	4,24	67,8
3	10	16,1	0,49	0,13	3,50	13,0	1,56	1,00	27,0
<i>Ach. millefolium</i> – тысячелистник обыкновенный									
1	11	8,5	0,42	0,27	1,24	15,1	1,54	0,46	32,5

		9,5	1,05	1,09	6,03	21,6	3,09	3,52	64,4
2	18	8,5	0,27	0,25	1,13	11,7	1,12	0,36	20,8
		8,0	0,43	0,55	4,50	15,6	2,47	0,75	22,3
3	10	6,9	0,52	0,14	0,94	11,3	2,22	0,56	25,0
<i>Ch. majus</i> – чистотел большой									
1	4	14,7	0,71	0,46	0,30	13,4	1,73	0,62	25,5
		12,1	0,92	0,56	2,91	18,1	2,40	1,02	38,2
2	7	14,4	0,34	0,38	0,24	11,9	1,57	0,60	22,5
		10,0	0,47	0,47	2,73	20,7	2,66	1,08	49,8
3	10	12,4	0,36	0,16	2,72	7,8	2,58	0,81	49,9
Продолжение таблицы 2									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>A. sieversiana</i> – полынь Сиверса									
1	10	12,6	0,75	0,78	0,93	22,8	2,57	1,51	36,5
		7,7	0,71	0,28	2,07	12,2	1,74	0,96	23,0
2	22	13,2*	0,69	0,66	0,89	18,6	2,20	0,91	30,4
		6,9	0,63	0,20	1,93	9,5	1,51	0,75	16,3
3**	10	6,5	0,47	0,14	0,58	13,0	1,64	0,76	19,2
<i>T. officinale</i> – одуванчик обыкновенный									
1	15	15,7	0,45	0,39	0,53	9,9	1,62	0,47	23,7
		6,7	0,47	0,40	2,37	19,0	2,47	0,93	25,3
2	35	14,9	0,37	0,38	1,15	11,5	1,39	0,50	24,8
		7,2	0,40	0,40	3,33	17,2	2,26	0,64	25,7
3***	10	5,4	0,56	0,34	1,36	13,4	2,32	1,00	14,3
<i>C. carvi</i> – тмин обыкновенный									
1	8	8,8	0,25	0,19	0,13	10,2	1,21	0,29	20,9
		8,6	0,58	0,46	2,13	22,3	4,79	0,62	47,4
2	14	7,9	0,23	0,23	0,12	12,7	1,43	0,39	20,5
		6,4	0,38	0,36	1,57	21,0	4,33	0,69	39,5
<i>C. intybus</i> – цикорий обыкновенный									
1	10	6,5	0,39	0,14	0,13	9,2	1,64	0,20	18,2
		6,1	0,44	0,20	2,33	14,6	1,72	0,27	23,7
2	25	8,8	0,40	0,32	0,31	14,2	1,45	0,46	24,4
		7,8	0,59	0,45	3,08	23,6	2,89	1,47	28,5
<i>S. loeselii</i> – гулявник Лезеля									
1	12	9,1	0,46	0,37	0,56	5,8	1,88	0,66	20,2
		6,3	0,49	0,44	2,66	4,7	3,43	0,49	20,3
2	28	9,9	0,41	0,30	0,35	3,7	1,02	0,59	19,5
		7,7	0,43	0,32	1,88	3,8	2,01	0,53	19,7
<i>E. virgata</i> – молочай лозный									
1	9	5,8	0,36	0,36	0,17	5,9	1,16	0,90	19,8
		6,1	0,99	0,99	3,22	8,8	3,40	0,63	38,0
2	18	7,0	0,58	0,58	0,24	7,4	1,67	0,37	21,7
		5,1	0,60	0,60	1,81	8,1	3,28	0,54	32,5
Кларк в растениях суши [6]									
			0,005	1,0	1,8	10	2,0	2,5	50

Примечание: 1 – рекреационные зоны, 2 – транспортные зоны, 3 – аптечное сырье. В числителе – надземная часть, в знаменателе – подземная часть. Жирным шрифтом выделены статистически значимо отличающиеся показатели. * – превышено допустимое содержание золы по ГФ [2]. ** – *Artemisia absinthium* L. *** – подземная часть. Содержание мышьяка и ртути ниже предела обнаружения.

В аптечном сырье ромашки, крапивы, чистотела статистически значимо выше количество хрома, в подорожнике – меди и свинца, а в крапиве, чистотеле и полыни меньше кобальта. Следует отметить, что в научной медицине используется *Artemisia absinthium* L., мы же исследовали вид *A. sieversiana*, более широко распространенный на территории Сибири и рассматривающийся в качестве фармакопейного аналога, поэтому в данном случае сравнение с аптечным сырьем не совсем корректно.

С увеличением техногенной нагрузки видовые различия в накоплении ТМ большинством видов растений закономерно уменьшаются [7]. Однако значения Ккб у исследованных видов растений разных систематических групп существенно отличаются – как в рекреационных зонах, так и в зонах влияния автомагистралей (рис. 2). Ккб хрома достигает самых высоких показателей, но не приведен на рис. 2, так как значительно варьирует внутри вида (от 2-8 до 2-68 в зависимости от точки отбора) и медианное значение не отражает наблюдаемой картины.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о том, что содержание исследуемых химических элементов в почвенно-растительном покрове вдоль автомагистралей и в рекреационных зонах г. Новосибирска в основном не превышает допустимых уровней. Влияние автотранспорта на загрязнение городских почв относительно низкое. Аномальное содержание отдельных ХЭ наблюдается в зоне влияния оловокомбината. Статистически значимой разницы между количеством исследуемых ХЭ в почвах и растениях вдоль автомагистралей и рекреационных зон в основном не обнаружено, как и в растительных образцах пробных площадок и аптечном сырье. Количество ТМ в растениях в целом несколько ниже либо соответствует кларковым значениям содержания ХЭ в растительности суши, за исключением кадмия и, в некоторых случаях, меди. Оценка всех исследуемых видов как аптечного сырья свидетельствует об отсутствии превышений допустимых значений содержания нормируемых ХЭ по СанПиН 2.3.2.1078-01 (для БАД на растительной основе), превышение допустимого [2] содержания общей золы отмечается лишь для отдельных проб полыни.

Работа выполнена при поддержке муниципального гранта мэрии г. Новосибирска “Особенности экологического состояния почвенно-растительного покрова вдоль автомагистралей и в рекреационных зонах г. Новосибирска” (Договор № 60 от 21.07.15).

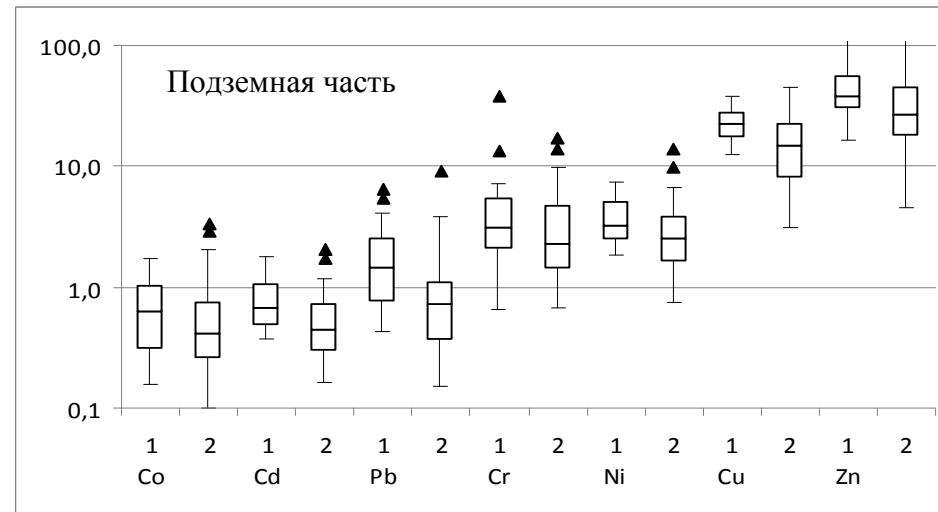
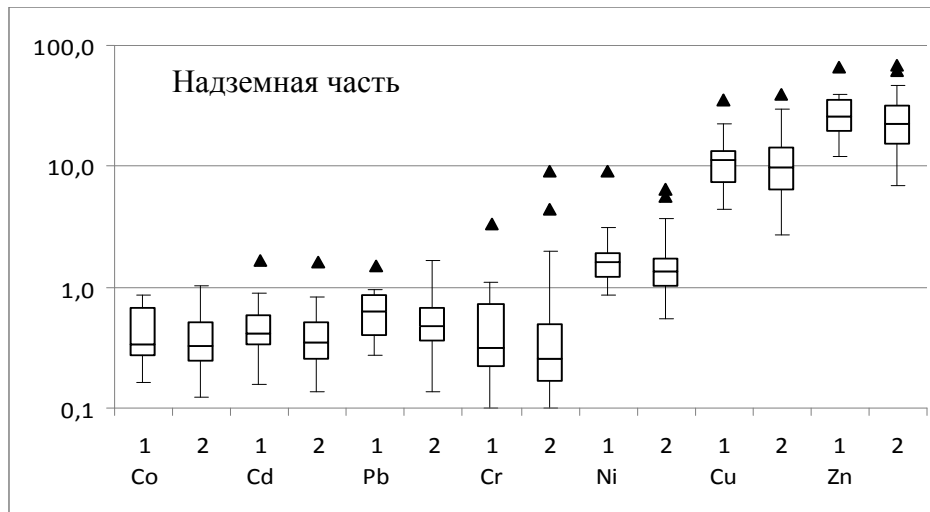


Рис. 1. Содержание ХЭ в растениях (медиана, межквартильный размах, минимальное и максимальное значение, выбросы)

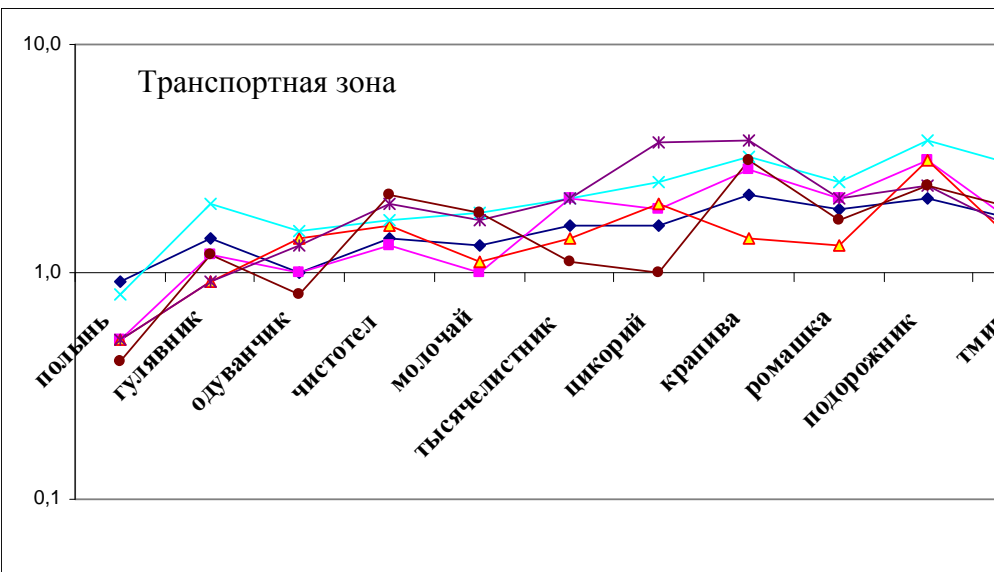
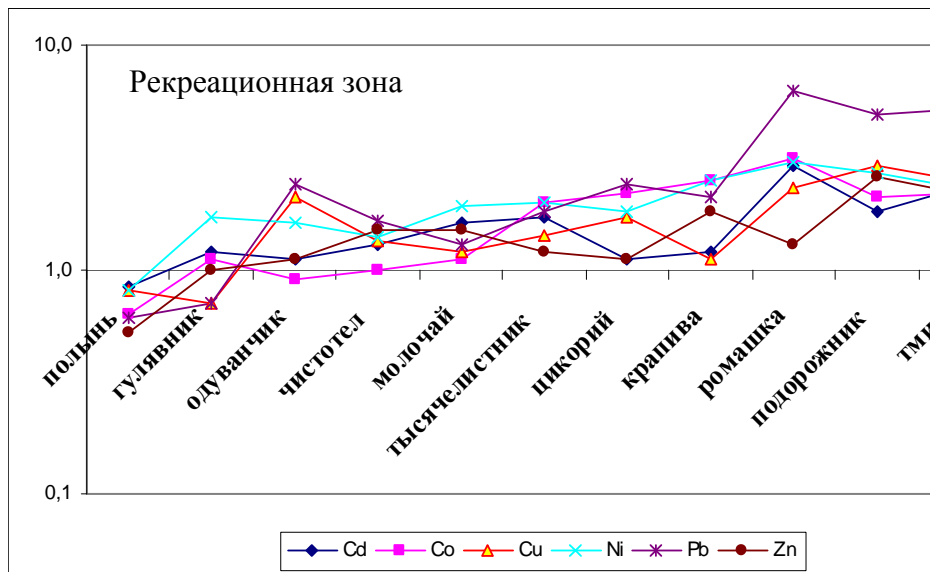


Рис. 2. Коэффициент корневого барьера растений

Список литературы

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2011 году / ред. Ю.Ю. Марченко Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Новосибирской области. – Новосибирск, 2012. – 148 с.
2. Государственная фармакопея СССР XI издания. Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. – М.: Медицина, 1990. – 399 с.
3. Жесткова Д.Б., Чеснокова Е.В., Уромова И.П. Анализ флоры городских территорий вдоль автомагистралей Нижнего Новгорода // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2013. – №1 (1). – С. 140-145.
4. Ильин В. Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
5. Попова Л.Ф., Наквасина Е.Н. Нормирование качества городских почв и организация почвенно-химического мониторинга. – Архангельск, 2014. – 108 с.
6. Романкевич Е.А. Живое вещество Земли (биогеохимические аспекты проблемы) // Геохимия. – 1988. – № 2. – С. 292-306.
7. Чаплыгин В. А. Накопление и распределение тяжелых металлов в травянистой растительности техногенных ландшафтов Нижнего Дона: дисс. канд. биол. наук. – Ростов-н/Д., 2014. – 193 с.
8. Шапурко В.Н. Ресурсы и экологическое качество лекарственных растений (на примере Брянской области): дисс. канд. биол. наук. – Брянск, 2014. – 304. с.
9. Якубов Х.Г. Экологический мониторинг зеленых насаждений в Москве. – М.: ООО Стагирит-Н, 2005. – 264 с.
10. Fritsche M., Becker G. Schadstoffgehalte von Bankettschäl und Kehrgut und deren umweltverträgliche Entsorgung. Forschungsbericht FE-№.; 03.222 R 90 1, 1992. Fachhochschule Münster – 165 p.

Рецензенты:

Сысо А.И., д.б.н., врио директора Института, ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск;

Высочина Г.И., д.б.н., проф., Зав. лаборатории фитохимии, ФГБУН Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск.