

УДК 504.064.36:574

СУММАРНОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПАХ НА ТЕРРИТОРИИ ВИШЕРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

© 2016 Д.Н. Андреев, Е.А. Дзюба

Пермский государственный национальный исследовательский университет

Статья поступила в редакцию 09.05.2016

В статье приведен анализ суммарного химического загрязнения почв Zс тяжелыми металлами в различных биотопах на территории Вишерского заповедника. Всего было исследовано 8 пробных площадок, представленных следующими биотопами: елово-пихтовый лес кислично-мелко-папоротниковый, березово-пихтовый смешанный лес, пихтово-еловый лес кислично-мелко-папоротниковый, пихтово-еловый лес черничник, березово-пихтовое горное редколесье, ельник черничник, разреженный смешанный лес черничник, разреженный ельник кислично-папорот-никовый. Значения Zс, рассчитанные с применением разных подходов, на исследуемых площадках находятся в пределах допустимого уровня.

Ключевые слова: суммарное химическое загрязнение, почва, рентгенофлуоресцентный анализ, токсичность, тяжелые металлы

Геохимические исследования почв включают в себя количественный и качественный анализ, определение содержания химических веществ и элементов, и позволяют выявить степень антропогенной трансформации окружающей среды и ее компонентов в отдельности [7]. Заповедник Вишерский благодаря своему природоохранному статусу имеет эталонное значение. Для объективной оценки экологического состояния природных территорий и комплексов необходимо исследовать особо охраняемые природные территории [9]. Важную роль при геохимическом анализе почв занимает определение содержания тяжелых металлов (ТМ) [1-3]. Почва является основной средой, в которую попадают ТМ, в том числе из атмосферы и водной среды. Она же служит источником вторичного загрязнения приземного воздуха и вод, попадающих из неё в Мировой океан. Из почвы ТМ усваиваются растениями, которые затем попадают в пищу более высокоорганизованным животным [2]. Продолжительность пребывания загрязняющих компонентов в почве гораздо выше, чем в других частях биосферы, что приводит к изменению состава и свойств почвы как динамической системы и в конечном итоге вызывает нарушение равновесия экологических процессов [3].

При необходимости контроля над техногенным загрязнением почв ТМ, принято определять их валовое содержание [4]. Однако валовое содержание не всегда может характеризовать степень опасности загрязнения почвы, поскольку почва способна связывать соединения металлов, переводя их в недоступные растениям соединения. Определение содержания подвижных форм металлов желательнее проводить в случае высоких их валовых количеств в почве, а также, когда необходимо характеризовать миграцию металлов-загрязнителей из почвы в растения [19]. Суммарный показатель загрязнения почв является количественной характеристикой, необходимой для оценки загрязнения почвы несколькими загрязняющими веществами. Наиболее часто данная характеристика применяется при изучении загрязнения почвы ТМ, что обосновано

наибольшей разработанностью и актуальностью [6, 8, 16, 17]. Для вычисления суммарного показателя химического загрязнения применяются различные подходы [5, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 18], но всех их объединяет то, что в основе лежит расчет коэффициента концентрации, зависящего от фактического содержания элемента в почве и его фонового содержания (для фонового содержания применяются значения зональных фоновых концентраций).

Цель работы: анализ суммарного химического загрязнения почв ТМ в различных фитоценозах на территории Вишерского заповедника.

Методы и материалы. Обследование территории проводилось маршрутным методом с закладкой пробных площадок (ПП) на экологическом маршруте в заповеднике «Вишерский» от кордона Лыпя до вершины Тулымского камня и на Хальсории. Было заложено 8 площадок:

- 1. Елово-пихтовый лес кислично-мелкопапоротниковый.** Располагается на высоте 284 м над уровнем моря. Почвы горно-подзолистые, кислые (актуальная кислотность равна 4,34, а потенциальная 3,67), на элювии и делювии образовавшиеся из метаморфических и других пород. По гранулометрическому составу средне-суглинистые.
- 2. Березово-пихтовый смешанный лес.** Располагается на высоте 310 м над уровнем моря. Почвы горно-подзолистые, кислые (актуальная кислотность равна 5,24, а потенциальная 4,75), на элювии и делювии образовавшиеся из метаморфических и других пород. По гранулометрическому составу относятся к тяжелым суглинкам.
- 3. Пихтово-еловый лес чернично-мелкопапоротниковый.** Располагается на высоте 332 м над уровнем моря. Почвы горно-подзолистые, кислые (актуальная кислотность равна 4,42, а потенциальная 3,78), на элювии и делювии образовавшиеся из метаморфических и других пород. По гранулометрическому составу относятся к тяжелым суглинкам.
- 4. Пихтово-еловый лес черничник.** Располагается на высоте 341 м над уровнем моря. Почвы горно-подзолистые, кислые (актуальная кислотность равна 4,21, а потенциальная 3,63), на элювии и делювии образовавшиеся из метаморфических и других пород. По гранулометрическому составу относятся к тяжелым суглинкам.

Андреев Дмитрий Николаевич, кандидат географических наук, заведующий лабораторией экологии и охраны природы. E-mail: andreev@psu.ru

Дзюба Екатерина Алексеевна, магистрант. E-mail: aea_eco@mail.ru

5. **Ельник черничник.** Располагается на высоте 374 м над уровнем моря. Почвы горно-подзолистые, кислые (актуальная кислотность равна 4,04, а потенциальная 3,56), на элювии и делювии образовавшиеся из метаморфических и других пород. По гранулометрическому составу относятся к тяжелым суглинкам.

6. **Березово-пихтовое горное редколесье.** Располагается на высоте 618 м над уровнем моря. Почвы относятся к горно-тундровым в сочетании с горно-лесотундровыми, кислые (актуальная кислотность равна 3,98, а потенциальная 3,56), на элювии и делювии образовавшиеся из метаморфических и других пород. По гранулометрическому составу относятся к тяжелым суглинкам.

7. **Разреженный смешанный лес черничник.** Располагается на высоте 545 м над уровнем моря. Почвы горно-лесные кислые (актуальная кислотность равна 3,99, а потенциальная 3,34) неоподзоленные, на элювии и делювии образовавшиеся из метаморфических и других пород. По гранулометрическому составу относятся к тяжелым суглинкам.

8. **Разреженный ельник кислично-папоротни-ковый.** Располагается на высоте 412 м над уровнем моря. Почвы горно-лесные кислые (актуальная кислотность равна 3,64, а потенциальная 3,07) неоподзоленные, на элювии и делювии образовавшиеся из метаморфических и других пород. По гранулометрическому составу относятся к тяжелым суглинкам.

Пробы почв отбирались двумя методами. На шести ПП – методом конверта, на трех ПП – методом геохимической съемки. Методом конверта отбирались пробы в пяти биотопах (березово-пихтовый смешанный лес, пихтово-еловый лес чернично-мелкопапоротниковый, пихтово-еловый лес черничник, ельник черничник, березово-пихтовое горное редколесье). Метод представляет собой отбор смешанной пробы из расчета 1 проба на 10 га или 1 проба на 25 га. Смешанный образец состоит из 5 почвенных проб, взятых «конвертом» из 5 точек. Первую пробу брали из стенки разреза, а остальные крест-накрест от первой точки на расстоянии 10-20 м. Отбирался средний образец весом 300-400 грамм. Методом геохимической съемки отбирались пробы на трех площадках (елово-пихтовый лес кислично-мелкопапоротниковый, разреженный лес черничник, разреженный ельник кислично-папоротниковый). Аналогично методу конверта пробы представляют собой смешанные образцы с 25 точек отбора [3].

В лаборатории пробы были подготовлены к анализу по методике [15] для волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра «Спектроскан Макс-Г». Измерение проводилось параллельно в трех линиях. Определено валовое содержание следующих элементов: Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni, Co, Mn, Cr, V, Ti. По полученным результатам измерений выполнены расчеты коэффициента концентрации химического вещества (K_c) который определяется отношением фактиче-

ского содержания определяемого вещества в почве к зональному фоновому показателю ($C_{\phi i}$), рассчитанный по формуле 1.

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\phi i}} \quad (1)$$

где C_i – содержание определяемого вещества в почве, мг/кг; $C_{\phi i}$ – зональный фоновый показатель, мг/кг.

Показатель суммарного показателя загрязнения рассчитывался по нескольким формулам для получения наиболее объективной оценки:

1. Показатель Ю.Е. Саета (Z_c), в котором учитывается степень опасности [16], рассчитывался по формуле 2.
2. Показатель суммарного загрязнения, без учета значений $K_c < 1$ [10] (Z_c), который равен сумме K_c и рассчитывался по формуле 2.

$$Z_c = \sum K_{ci} - (n - 1) \quad (2)$$

где n – число определяемых компонентов, K_{ci} – коэффициент концентрации загрязняющего компонента.

3. Показатель суммарного загрязнения с учетом разной токсичности тяжелых металлов (Z_{cm}) [5, 10] рассчитывается по формуле 3.

$$Z_{cm} = \sum (K_{ci} \times K_{ti}) - (n - 1) \quad (3)$$

где K_{ti} – коэффициент токсичности i -ого элемента.

Для того, чтобы для этого показателя оставалась актуальной шкала критических суммарных показателей М.Е. Саета, следует для элементов второго класса опасности применять $K_t=1,0$, для элементов третьего класса опасности $K_t=0,5$, а для элементов первого класса опасности $K_t=1,5$. Тяжелые металлы, которые исследовались в данной работе, по опасности делятся на три класса: первый (высокий) класс включает As, Pb, Zn, Cr; второй (средний) класс включает Co, Ni, Cu, Ti; третий (низкий) класс включает V, Mn, Sr [6].

4. Показатель суммарного загрязнения с учетом средних геометрических коэффициентов концентрации тяжелых элементов ($Z_{c(z)}$), который в последнее время часто применяют для характеристики полиэлементного загрязнения почв [18, 20] по формуле 4.

$$Z_{c(z)} = n \times (K_{c1} \times K_{c2} \times \dots \times K_{cn})^{\frac{1}{n}} - (n - 1) \quad (4)$$

5. Комплексный показатель суммарного загрязнения, учитывающий среднее геометрическое K_c и токсичность ТМ ($Z_{cm(z)}$) [10], рассчитывающийся по формуле 5.

$$Z_{cm(z)} = n \times \left(\frac{K_{c1} \times K_{m1}}{K_{cn} \times K_{m_n}} (K_{c2} \times K_{m2}) \times \dots \times \right)^{\frac{1}{n}} - (n - 1) \quad (5)$$

Таблица 1. Кларк, зональные фоновые концентрации и значения ОДК и ПДК, мг/кг

Показатели	Sr	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	Cr	V	Ti
зональная фоновая концентрация	238	11,5	3,0	41,3	15,3	23,2	8,4	715	180	63,5	4045

Результаты и обсуждения. В ходе работ исследовано 8 ПП (табл. 2), расположенных на разных отметках относительно высоты над уровнем моря. В табл. 1 указаны зональные фоновые содержания ТМ

[16] которые использовались далее для расчета суммарного показателя загрязнения почв. На рис. 1 представлен график, иллюстрирующий суммарное загрязнение почв на всех исследуемых биотопах.

Таблица 2. Содержание ТМ и их коэффициент концентрации

	Sr	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	Cr	V	Ti
<i>Елово-пихтовый лес кислично-мелкопапоротниковый</i>											
\bar{x} , мг/кг	69,59	14,12	7,82	85,48	44,89	34,61	12,92	514,66	137,10	110,26	10806
Kc	0,29	1,23	2,60	2,07	2,93	1,49	1,54	0,72	0,762	1,737	2,671
<i>Березово-пихтовый смешанный лес</i>											
\bar{x} , мг/кг	106,27	22,47	7,98	68,10	42,08	33,80	13,21	627,00	131,17	79,53	6963
Kc	0,45	1,95	2,66	1,65	2,75	1,46	1,57	0,88	0,73	1,25	1,72
<i>Пихтово-еловый лес чернично-мелкопапоротниковый</i>											
\bar{x} , мг/кг	106,29	18,25	6,82	58,95	46,86	29,85	11,72	544,55	143,06	88,66	9380
Kc	0,45	1,59	2,3	1,4	3,06	1,29	1,39	0,76	0,8	1,4	2,32
<i>Пихтово-еловый лес черничник</i>											
\bar{x} , мг/кг	122,03	20,59	9,60	50,42	47,43	28,61	8,93	383,97	128,60	95,58	9130
Kc	0,5	1,79	3,2	1,22	3,1	1,23	1,1	0,5	0,71	1,51	2,26
<i>Ельник черничник</i>											
\bar{x} , мг/кг	88,71	12,64	7,44	49,65	45,69	28,91	11,59	522,02	128,37	101,72	9387
Kc	0,37	1,1	2,5	1,2	2,99	1,25	1,38	0,7	0,71	1,6	2,32
<i>Березово-пихтовое горное редколесье</i>											
\bar{x} , мг/кг	49,64	16,34	3,15	25,15	44,15	32,16	33,02	115,96	164,88	50,99	7530
Kc	0,21	1,42	1,05	0,61	2,89	1,39	3,93	0,16	0,916	0,803	1,862
<i>Разреженный смешанный лес черничник</i>											
\bar{x} , мг/кг	45,58	11,66	5,82	22,95	43,77	15,70	1,00	142,06	118,01	70,83	8857
Kc	0,19	1,01	1,9	0,6	2,86	0,68	0,1	0,2	0,7	1,12	2,19
<i>Разреженный ельник кислично-папоротниковый</i>											
\bar{x} , мг/кг	72,51	24,40	4,91	63,94	46,93	34,43	9,51	396,36	161,62	127,88	12340
Kc	0,21	1,42	1,1	0,61	2,89	1,39	3,9	0,16	0,92	0,8	1,86

Для расчетов были использованы 4 формулы. При расчете Z_c по показателю Ю.Е. Саета были учтены все значения K_c , вне зависимости от их значения. Данный подход, с одной стороны, позволяет учесть все загрязняющие вещества, которые были определены, но не выполняет главной задачи – выявление загрязнителей. Если говорить именно о загрязнении почв, то значение K_c должно быть больше 1, то есть значение фактической концентрации должно превышать значение фоновой концентрации, загрязняющий элемент должен накапливаться в почве [11]. Поэтому подходы, предлагающие учет K_c только при соблюдении того, что $K_c > 1$ [5, 10, 14], дают более объективную картину загрязнения почв. Далее был проведен расчет Z_c при $K_c > 1$. При таком расчете показатель увеличился примерно от 12,7% в березово-пихтовом смешанном лесу до 240% в разреженном смешанном лесу черничнике, что наглядно продемонстрировано на рис. 1.

Далее производился расчет Z_{cm} , при котором учитывается степень токсичности (опасности) элементов. В данном случае также наблюдается повышение значения от предыдущего показателя, полученного по уравнению Саета, при $K_c > 1$, в диапазоне от 33,3% в березово-пихтовом горном редколесье до 71,3% в березово-пихтовом смешанном лесу. Можно отметить, что при данных расчетах были получены наибольшие значения, их всех полученных при расчете суммарного загрязнения. Это происходит за счет того, что повышенное содержание в почвах наблюдается для наиболее

токсичных элементов, которые относятся к первому классу опасности, и к ним применяется $K_t = 2$. Ю.Н. Водяницкий [10] рекомендует данный показатель применять при необходимости дифференцировать области загрязнения в зависимости от опасности индивидуальных поллютантов.

Учет средних геохимических коэффициентов концентрации при расчете $Z_c(z)$ производится в противовес подсчетам среднеарифметическим коэффициентам концентрации Ю.Е. Саета, но сохраняет структуру его формулы. Применение $Z_c(z)$ имеет наибольшее значение при характеристике полиэлементного загрязнения [18, 20] и при подсчете среднего содержания ТМ в почвах, например, в США [13]. Полученные значения, по сравнению с Z_c при $K_c > 1$, уменьшаются на 6-16%, что говорит о наличии разброса между значениями K_c [10].

Последний показатель $Z_{cm}(z)$, предложенный Ю.Н. Водяницким [10], как комплексный показатель суммарного загрязнения, учитывающий среднее геометрическое K_c и токсичность элементов, является симбиозом всех предыдущих подходов, учитывая их недостатки и преимущества. Значения, полученные по формуле (5) имеют отклонения от показателя Ю.Е. Саета на 11-27%. В данном случае к преимуществам данного подхода относится то, что при расчетах учитывается токсичность элементов, их концентрации и благодаря учету геометрического среднего исключается искажающее влияние относительно высоких K_c .

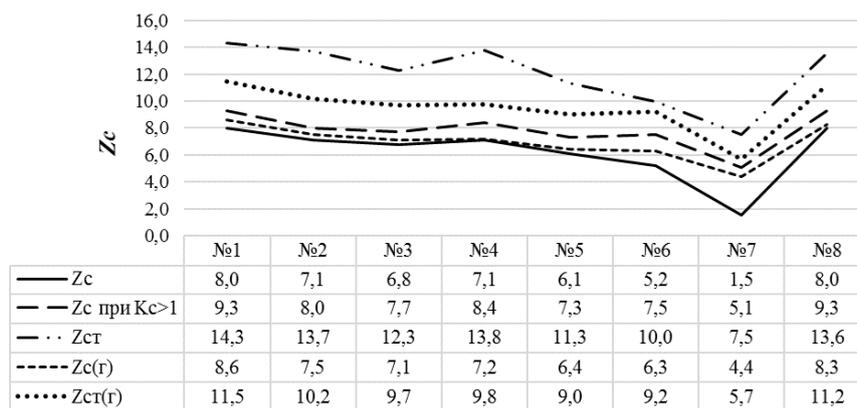


Рис. 1. Показатели суммарного загрязнения почв ТМ, рассчитанные по формулам (2)-(5)
 №1 – елово-пихтовый лес кислично-мелкопапоротниковый; №2 – березово-пихтовый смешанный лес; №3 – пихтово-еловый лес чернично-мелкопапоротниковый; №4 – пихтово-еловый лес черничник; №5 – ельник черничник; №6 – березово-пихтовое горное редколесье; №7 – разреженный смешанный лес черничник; №8 – разреженный ельник кислично-папоротниковый

В целом, даже если брать в расчет все полученные значения, по суммарному показателю загрязнения на всех исследуемых ПП по шкале Ю.Е. Саета наблюдается допустимый уровень загрязнения (меньше 16). Стоит отметить, что меньшее значение $Z_{ct}(z)$ в разреженном смешанном лесу черничнике ($Z_{ct}(z)=5,7$), а наибольшее елово-пихтовом лесу кислично-мелкопапоротниковом ($Z_{ct}(z)=11,5$) и разреженном ельнике кислично-папоротниковом ($Z_{ct}(z)=11,2$).

Выводы: значения, полученные в результате анализа по содержанию Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni, Co, Mn, Cr, V, Ti легли в основу расчета суммарного показателя загрязнения, позволяющего сделать общую оценку по степени загрязнения почв. При расчете суммарного показателя загрязнения важно уделять внимание величине K_c для принятия решений об их учете в расчетах. При расчете Z_c при $K_c > 1$ нами не учитывались K_c для Sr, Mn, и Cr для елово-пихтового леса кислично-мелкопапоротникового, березово-пихтового смешанного леса, пихтово-елового леса чернично-мелкопапоротникового, пихтово-елового леса черничника, ельника черничника, разреженного ельника кислично-папоротникового. Для березово-пихтового горного редколесья не учитывались коэффициенты концентрации Sr, Zn, Mn, Cr и V. А для разреженного смешанного леса черничника не были учтены коэффициенты концентрации Sr, Zn, Ni, Co, Mn, Cr. Возможно поэтому для данного фитоценоза характерен наименьший суммарный показатель загрязнения. Расчеты, учитывающие токсичность элементов или средние геометрические значения концентрации необходимы для получения более детальной картины. Предложенный Ю.Н. Водяницким комплексный показатель суммарного загрязнения учитывает все параметры, которые в расчетах были применены по отдельности, а, следовательно, дает наиболее точную картину. Мы считаем необходимым при изучении суммарного загрязнения почв применять данный показатель.

В результате по всем исследуемым ПП не было обнаружено превышений допустимого значения суммарного показателя загрязнения по шкале Ю.Е. Саета, которую учитывает комплексный показатель $Z_{ct}(z)$. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что в исследуемых биотопах не отмечено загрязнения ТМ, их содержание характеризуется фоновым, что обусловлено природоохранным статусом исследуемой территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алексеев, В.А. Геохимия окружающей среды: учеб. пособие для вузов / В.А. Алексеев, С.А. Бузмаков, М.С. Панин. – Пермь, 2013. 359 с.
2. Алексеев, В.А. Металлы в окружающей среде. Почвы геохимических ландшафтов Ростовской области / В.А. Алексеев, А.В. Суворинов, В.А. Алексеев. – М.: Логос, 2002. 312 с.
3. Алексеев, В.А. Экологическая геохимия: учебник. – М.: Логос, 2000. 627 с.
4. Андреев, Д.Н. Экогеохимическая диагностика антропогенной трансформации особо охраняемых природных территорий // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о земле. 2013. № 3. С. 3-9.
5. Большаков, В.А. Методические рекомендации по оценке загрязнения городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами / В.А. Большаков, Ю.Н. Водяницкий, Т.И. Борисочкина и др. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 1999. 31 с.
6. Водяницкий, Ю.Н. Об опасных тяжелых металлах/металлоидах в почвах // Бюллетень Почвенного института В.В. Докучаева. 2011. Вып. 68. С. 56-82.
7. Бузмаков, С.А. Антропогенная трансформация природной среды // Географический вестник. 2012. № 4 (23). С. 46-50.
8. Бузмаков, С.А. Почвенно-геохимические особенности территории месторождения железных руд / С.А. Бузмаков, Д.Н. Андреев, Л.В. Кувшинская // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. №2, С. 36-38.
9. Бузмаков, С.А. Состояние региональных особо охраняемых природных территорий Пермского края / С.А. Бузмаков, А.А. Зайцев // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о земле. 2011. №3. С. 3-12.
10. Водяницкий, Ю.Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1276-1280.
11. Выборов, С.Г. Оценка степени опасности загрязнения почв по комплексному показателю нарушенного геохимического поля / С.Г. Выборов, А.И. Павелко, В.Н. Шукин, Э.В. Янковская // Современные проблемы загрязнения почв. Межд. научная конф. – М., 2004. С. 195-197.
12. Добровольский, В.В. Основы биогеохимии. – М.: Academia, 2003. 397 с.
13. Дубынина, С.С. Эколого-геохимическая оценка антропогенных ландшафтов зоны КАТЭКа / С.С. Дубынина, Е.В. Напрасникова // Геохимия биосферы (к 90 летию А.И. Перельмана). – М.-Смоленск, 2006. С. 125-127.

14. *Кашулина, Г.М.* Физическая деградация и химическое загрязнение почв Северо-Запада Европы / *Г.М. Кашулина, В.А. Чекушин, И.В. Богатырев* // Современные проблемы загрязнения почв. II Межд. науч. конф. – М., 2007. Т. 2. С. 74–78.
15. ПНД Ф 16.1.42-04. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв рентгенофлуоресцентным методом. – СПб., 2010. 23 с.
16. *Сает, Ю.Е.* Геохимия окружающей среды / *Ю.Е. Сает, Б.А. Ревич, Е.П. Янин*. – М.: Недра, 1990. 319 с.
17. *Сает, Ю.Е.* Геохимические принципы выявления зон воздействия промышленных выбросов в городских агломерациях / *Ю.Е. Сает, Р.С. Смирнова* // Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. – М.: Мысль, 1983. 324 с.
18. *Angulo, E.* The Tomlinson pollution load index applied to heavy metal “Mussel Watch” data: a useful index to assess coastal pollution // *Sci. Tot. Environ.* 1996. V. 187. P. 19–56.
19. *Vardy, D.W.* Assessment of Columbia River Sediment Toxicity to White Sturgeon: Concentrations of Metals in Sediment, Pore water and Overlying Water / *D.W. Vardy et al.* // *J. Environ. Anal. Toxicol.* 2015. V. 5, N 2. P. 1–13.
20. *Yang, T.* Magnetic investigation of heavy metals contamination in urban topsoils around the East Lake, Wuhan, China / *T. Yang, Q. Liu, L. Chan, G. Cao* / *Geophys. J. Int.* 2007. V. 171. P. 603–612.

TOTAL SOIL HEAVY METAL CONTAMINATION IN VARIOUS BIOTOPS AT THE TERRITORY OF VISHERSKY RESERVE

©2016 D.N. Andreev, E.A. Dzyuba

Perm State National Research University

The paper presents the results of total heavy metal contamination (Zc) in various biotopes of Vishersky reserve. Eight sample areas featured by spruce-fir-sorrel-fine-fern forest, birch-fir mixed forest, fir-spruce-sorrel-fine-fern forest, fir-spruce bilberry forest, sparse birch-fir montane forest, bilberry spruce forest, broken mixed bilberry forest and broken spruce-sorrel-fern forest were investigated. Permissible levels for all sample areas by multi-approached Zc indexes calculation were revealed.

Key words: total chemical contamination, soil, X-ray fluorescence analysis, toxicity, heavy metals