

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВБЛИЗИ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

Т.Я. АШИХМИНА (фото),

доктор технических наук, зав. лабораторией биомониторинга,
С.Г. СКУГОРЕВА,

кандидат биологических наук, младший научный сотрудник,
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Т.А. АДАМОВИЧ,

аспирант, Вятский ГГУ



167982, г. Сыктывкар,
ул. Коммунистическая, 28;
тел. 8 (8212) 24-11-19

610002, г. Киров,
ул. Красноармейская, 26;
тел. 8 (8332) 67-89-75

Ключевые слова: Кирово-Чепецкий химический комбинат, тяжёлые металлы, загрязнение, почва, донные отложения.

Город Кирово-Чепецк вот уже на протяжении длительного времени входит в список городов, в окружающей среде которых присутствует комплекс токсичных веществ [1]. Это связано с

тем, что на территории города функционируют крупнейшие предприятия химической промышленности в Кировской области – завод полимеров и завод минеральных удобрений. Оба за-

вода, которые традиционно объединяются под названием «Кирово-Чепецкий химический комбинат» (КЧХК), относятся к химически опасным предприятиям (1 степень опасности). На долю завода минеральных удобрений и завода полимеров приходится соответственно 51 и 25% от общего выброса загрязняющих веществ в г. Кирово-Чепецке [2]. На территории комбината находятся шламонакопители и хвостохранилища, содержащие свыше 1 млн 200 тыс. т токсичных отходов, в том числе около 400 тыс. т ртутьсодержащих. Хранилища отходов производства расположены в 1,5 км от жилой зоны г. Кирово-Чепецка в зоне санитарной охраны водозабора областного центра [3, 4]. По данным 2007 года, средний удельный выброс загрязняющих веществ от стационарных источников в г. Кирово-Чепецке составил 219,92 т/км². В областном центре (г. Киров) данный показатель был значительно ниже и не превышал 39 т/км².

Экологический контроль деятельности химического комбината осуществляется природоохранными органами, но комплексные исследования на данной территории не проводятся. С 2000 года по настоящее время в районе влияния КЧХК лабораторией биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и Вятским государственным гуманитарным университетом проводятся работы по изучению состояния почв и донных отложений, растительности, животного мира, состава атмосферных осадков (снега) и поверхностных вод.

В данной работе представлены результаты исследования почв и донных отложений на содержание в них тяжёлых металлов, которые были отобраны на территории вблизи КЧХК в 2008 году.

Kirovo-Chepetsk chemical industrial complex, heavy metals, pollution, soil, ground adjournmen.

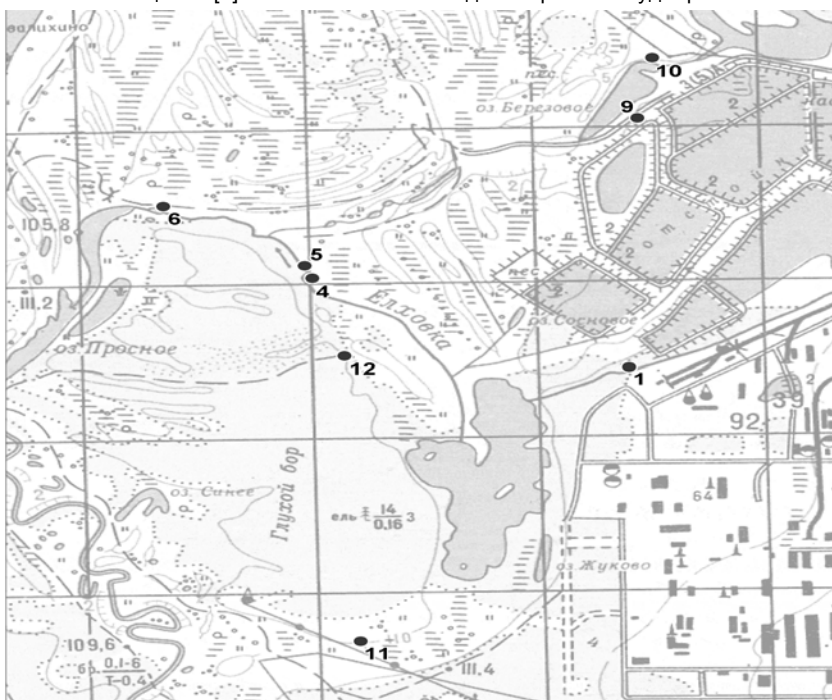


Рисунок 1. Карта-схема отбора почвенных образцов на территории вблизи КЧХК

Таблица 1

Содержание валовых форм тяжёлых металлов в почве на территории вблизи КЧХК, мг/кг

№ участка	Глубина отбора, см	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	Hg, мкг/кг
1	0-8 (12)	9,8±2,5	48±10	0,30±0,15	24±5	47±16	10±4	36±9	540±160	300±80
4	0-15	44±11	131±26	0,8±0,4	36±7	70±25	16±6	63±16	1100±300	1200±300
5	0-5	26±6	105±21	0,7±0,4	33±7	73±26	16±6	60±15	1200±400	460±110
6	0-15	39±10	250±50	2,1±1,1	50±10	100±25	19±7	76±19	5500±1700	1700±400
9	0-10	7,2±1,8	31±6	0,23±0,11	11,8±2,4	20±7	4,7±1,9	16±4	290±90	100±50
10	0-10	2,9±0,7	12,6±2,5	0,10±0,05	3,9±0,8	12±4	3,0±1,2	9,3±2,3	150±40	19±9
11	0-5 (10)	20±5	80±16	0,7±0,4	28±6	56±19	13±5	70±18	1000±300	170±40
12	0-4	4,0±1,0	14,4±2,9	0,11±0,06	2,1±0,4	4,0±1,4	1,3±0,5	5,5±1,4	150±40	18±8
12	4-8	3,5±0,9	13,2±2,6	0,13±0,07	1,8±0,4	3,8±1,3	1,2±0,5	5,1±1,3	130±40	20±9
14	0-5	7,5±1,9	17±3	0,15±0,08	3,3±0,7	5,0±1,7	2,0±0,8	6,1±1,5	440±130	43±19
14	5-7	4,5±1,1	13,6±2,7	0,13±0,07	2,1±0,4	3,9±1,4	1,7±0,7	5,4±1,3	360±110	25±11
ПДК (ОДК) [10, 11]		32-65-130	55-110-220	0,5-1-2	33-66-132	20-40-80	-	-	300-400-800	2100

Почва и донные отложения являются активными аккумуляторами различного рода загрязнителей. Поллютанты могут попадать в почвы с атмосферными выбросами, с паводковыми водами, с фильтрующимися водами в местах размещения отвалов и хранилищ промышленных отходов, в донные отложения – из загрязнённых вод водоемов и водотоков. По данным литературы [5], в донных отложениях и почвах вблизи комбината присутствуют радионуклиды и тяжёлые металлы – ртуть (до 100 мг/кг), цинк (до 2800 мг/кг), сурьма (до 163 мг/кг), олово (до 55,7 мг/кг) – в количествах превышающих ПДК.

Известно, что избыточные количества даже необходимых для биоты тяжёлых металлов (ТМ) оказывают угнетающее и токсическое действие на растения, животных и человека [6]. Наибольшей токсичностью обладают ртуть, кадмий, свинец, способные изменять активность биомолекул в результате связывания с функциональными группами данных соединений, содержащими атомы серы, азота и кислорода [7]. В почвах ТМ содержатся в растворимой, ионообменной и непрочной адсорбированной формах. Водорастворимые формы, как правило, представлены хлоридами, нитратами, сульфатами и органическими комплексными соединениями. Кроме того, ионы тяжёлых металлов могут быть связаны с минералами как часть кристаллической решетки [1].

Для оценки состояния почв на исследуемой территории отбирались смешанные образцы на площадках мониторинга, расположенных вдоль русла реки Елховки (уч. 4–6), на берегах пойменных озёр (уч. 9–10), искусственных водотоков (уч. 1), на участках, подтапливаемых во время половодья (уч. 11), на незатапливаемом участке водораздела между р. Елховка и р. Просница в Глухом бору (уч. 12) и на удалённом лесном участке (уч. 14), который может рассматриваться как фоновый для участка 12 (рис. 1). Ненарушенными почвами являются слабобподзолистые песчаные почвы хвойных лесов на участках 12 и 14, аллювиальные дерновые оглеенные почвы лугов на участках пробоотбора №4 и №11. На остальных изучаемых участках почвы перерывные, насыпные, погребенные и перекрытые свежим материалом.

Методика исследований

Концентрацию ТМ в почвах и донных отложениях определяли методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на атомно-эмиссионном спектрометре Spectro Ciros^{CCD} по утверждённой методике [8]. Содержание ртути определяли методом беспламенной атомной абсорбции на анализаторе ртути РА-915+. Для измерения массовой доли общей ртути в почве использовали методику, разработан-

Таблица 2
Содержание подвижных форм тяжёлых металлов в почве на территории вблизи КЧХК, мг/кг

№ участка	Глубина отбора, см	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni	Co	Cr	Mn
1	0-8 (12)	0,77±0,19	5,5±1,1	0,09*	0,25*	1,5±0,5	0,23*	0,34*	90±27
4	0-15	5,4±1,4	12,6±2,5	0,27±0,14	0,84±0,17	3,4±1,2	0,41*	0,89±0,22	190±60
5	0-5	2,1±0,5	9,6±1,9	0,25±0,12	0,59±0,12	4,0±1,4	0,60±0,24	0,77±0,19	310±90
6	0-15	2,0±0,5	7,0±1,4	0,9±0,5	0,60±0,12	4,2±1,5	0,19*	0,77±0,19	1000±300
9	0-10	0,77±0,19	6,3±1,3	0,03*	0,62±0,12	0,64±0,22	0,09*	0,27*	53±16
10	0-10	0,13*	3,5*	0,03*	0,24*	0,51±0,18	0,20*	0,09*	60±18
11	0-5 (10)	1,4±0,4	9,4±1,9	0,15±0,08	0,48*	3,4±1,2	0,52±0,21	1,20±0,29	300±90
12	0-4	0,65±0,16	2,8*	0,01*	0,05*	0,16*	0,06*	0,14*	31±9
12	4-8	0,56±0,14	3,0*	0,02*	0,05*	0,17*	0,06*	0,14*	30±9
14	0-5	1,2±0,3	3,3*	0,03*	0,06*	0,31*	0,12*	0,23*	81±24
14	5-7	0,50±0,12	2,4*	0,03*	0,02*	0,23*	0,07*	0,17*	55±16
ПДК (ОДК) [10, 11]		6	23	–	3	4	5	6	60-80-100

Здесь и далее в табл. 3-4: * – результат измерения меньше нижней границы диапазона определяемых содержаний, x < x_{min}; н/о – не обнаружено.

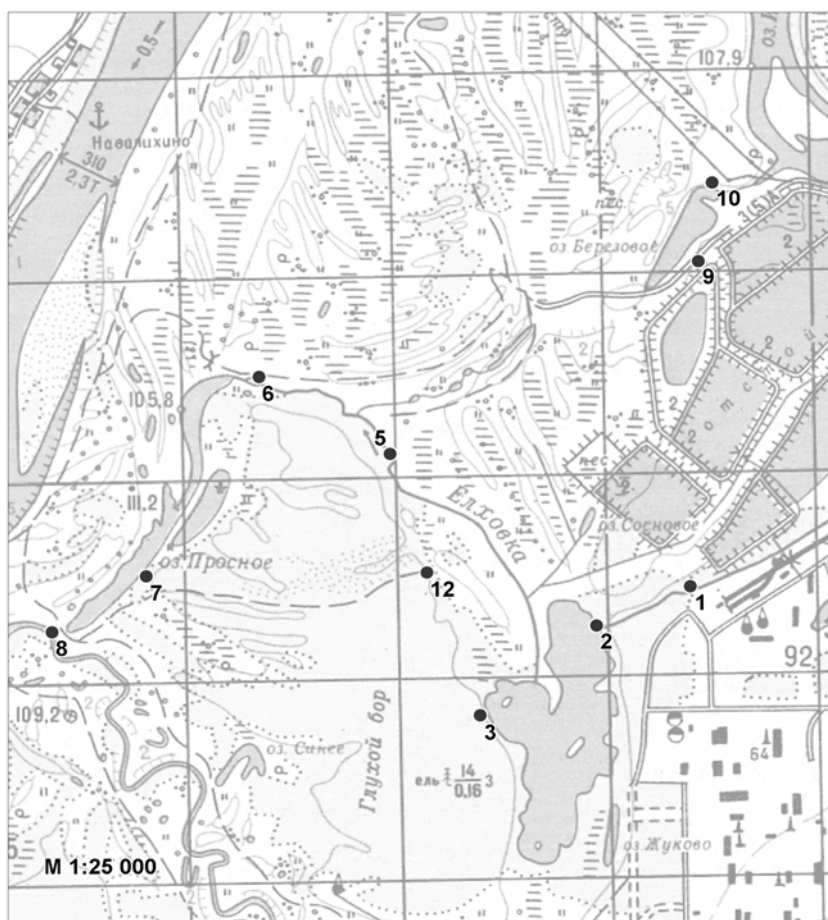


Рисунок 2. Карта-схема расположения участков отбора проб донных отложений на территории вблизи КЧХК

Таблица 3
Содержание валовых форм тяжёлых металлов в донных отложениях на территории вблизи КЧХК, мг/кг

№ участка	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	Hg	
1	47±12	630±130	1,5±0,8	24±5	40±14	10±4	40±10	2900±900	17±4	
2	180±40	280±60	2,8±1,4	90±18	90±30	15±6	88±22	950±280	19±5	
3	3,0±0,7	9,7±1,9	0,11±0,06	4,3±0,9	9±3	2,2±0,9	9,6±2,4	62±19	0,27±0,07	
5	72±18	160±30	1,2±0,6	32±6	39±14	10±4	41±10	800±240	4,7±1,2	
6	630±160	320±60	5,1±2,6	140±28	28±10	5,7±2,3	49±12	520±160	10,6±2,6	
7	390±100	470±90	7±4	170±30	57±20	8±3	75±19	1000±300	23±6	
8	102±26	180±40	1,5±0,8	36±7	28±10	6,4±2,6	29±7	730±220	3,8±1	
9	31±8	56±11	0,38±0,19	9,6±1,9	17±6	4,4±1,7	17±4	330±100	1,05±0,26	
10	8,7±2,2	54±11	0,55±0,28	13,5±2,7	28±10	6,9±2,8	24±6	1000±300	0,14±0,03	
12	3,7±0,9	19±4	0,18±0,09	6,2±1,2	14±5	3,6±1,4	13±3	120±40	0,16±0,04	
14	2,6±0,6	19±4	0,12±0,06	5,9±1,2	8,2±2,9	1,7±0,7	8,4±2,1	53±16	0,13±0,03	
ПДК (ОДК) [10, 11]		32-65-130	55-110-220	0,5-1-2	33-66-132	20-40-80	–	–	300-400-800	2,1

ную НПФ АП «ЛЮМЕКС» [9].

Результаты исследований

Результаты анализа элементного состава почв, представлены в таблицах 1-2. Критерием оценки содержания ТМ могут быть ПДК и ОДК [10, 11]. Во всех пробах почвы содержание свинца, никеля, меди и ртути не превышало нормативов. Высокие значения валового и подвижного цинка, валового кадмия и никеля установлены на участке в нижнем течении реки Елховки (уч. 6). В этом же образце обнаружено аномально высокое содержание марганца, в 7-10 раз превышающее ОДК. Выявлено, что в суглинистых аллювиальных почвах (образцы №4, 5, 6 и 11) концентрации всех изучаемых ТМ в несколько раз выше по сравнению с подзолистыми почвами (образцы №12 и 14).

Близкими по составу и свойствам к гидроморфным почвам являются донные отложения, образцы которых отобраны в прибрежной зоне соответствующих водоемов и водотоков (рис. 2). По гранулометрическому составу это в основном глинистые отложения. Для оценки элементного состава донных

отложений обычно используют ПДК, принятые для почв. Наиболее загрязненными являются донные отложения в нижнем течении реки Елховка (уч. 6) и в озере Просное (уч. 7) (табл. 3-4). Они отличаются повышенными концентрациями ТМ, причём как валовых, так и подвижных форм элементов. Так, валовое содержание свинца и кадмия на данных участках было выше ОДК в 3-5 раз и в 1,4-3,5 раза соответственно. Очень высокое общее содержание ртути (до 19 мг/кг) отмечено в донных отложениях искусственного водотока – коллектора сточных вод КЧХК (уч. 1 и уч. 2). Концентрации валовых форм хрома, цинка, марганца в данных образцах высоки и достигают 88, 630 и 2900 мг/кг соответственно (табл. 3). Превышение содержания подвижных форм ТМ на участках 1, 2, 6, 7 по сравнению со значениями ОДК составило: для свинца – 2–62 раза, меди – 2–4 раза, никеля – 1,2–2 раза, цинка – 6–17 раз, хрома – 1,2–1,4 раза, марганца – 3–23 раза (табл. 4).

Во всех пробах донных отложений по сравнению с почвами доля подвижных форм элементов необычайно вы-

сока, причём чем выше степень загрязнения, тем больше содержание подвижных форм элемента. Например, если процентное содержание подвижного свинца от валового количества варьирует в почвах от 4 до 17%, то в донных отложениях – от 18 до 59%, максимальный процент соответствует наиболее высокому валовому содержанию элемента (на уч. 6).

Выводы

На основании полученных данных по изучению состояния почв и донных отложений можно сделать следующие выводы.

1. В суглинистых аллювиальных почвах изучаемой территории концентрации ТМ в несколько раз выше по сравнению с подзолистыми почвами. Наиболее загрязненным и по значениям валового и подвижного цинка, марганца, валового кадмия и никеля являются почвы в нижнем течении р. Елховки.

2. Наиболее интенсивно загрязняющие вещества накапливаются в донных отложениях. В донных отложениях р. Елховка (уч. 6), в озере Просное и на берегах канала-коллектора стоков (уч. 1 и 2) концентрации ТМ в несколько раз выше существующих нормативов. Особую опасность представляет высокое содержание ртути, в 1,5-11 раз превышающее ОДК и достигающее максимального значения 23 мг/кг в оз. Просное (уч. 7). По сравнению с почвами в донных отложениях существенно выше доля подвижных форм ТМ от валовых концентраций соответствующих элементов.

3. Получены близкие значения содержания валовых и подвижных форм ТМ на участках 4, 5 и 11, расположенных на разном удалении и в разных направлениях от источников выбросов. Данные участки находятся в зоне подтопления поверхностными и разгрузки грунтовых вод, принимающих стоки комбината.

Таблица 4

Содержание подвижных форм тяжёлых металлов в донных отложениях на территории вблизи КЧХК, мг/кг

№ участка	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni	Co	Cr	Mn
1	13±3	400±80	0,6±0,3	5,7±1,1	6,2±2,2	1,3±0,5	7,4±1,8	2300±700
2	57±14	86±17	0,9±0,4	1,5±0,3	8,1±2,8	2,7±1,1	5,1±1,3	600±180
3	0,68±0,17	1,3*	0,01*	0,45*	0,23*	0,04*	0,25*	15±5
5	25±6	н/п	н/п	2,8±0,6	3,9±1,4	1,4±0,6	2,3±0,6	н/п
6	370±90	126±25	3,4±1,7	42±8	3,0±1,0	0,39*	5,5±1,4	290±90
7	190±50	240±50	4,8±2,4	7,1±1,4	9±3	1,0±0,4	7,8±1,9	670±200
8	57±14	107±21	1,0±0,5	5,5±1,1	4,7±1,7	1,3±0,5	2,9±0,7	590±180
9	17±4	24±5	0,14±0,07	1,9±0,4	1,4±0,5	0,59±0,24	0,85±0,21	230±170
10	1,6±0,4	16±3	0,19±0,09	1,5±0,3	2,6±0,9	0,44*	1,05±0,26	520±160
12	0,73±0,18	5,1±1,0	0,02*	0,48*	0,51±0,18	0,19*	0,30*	54±16
14	0,63±0,16	9,3±1,9	н/о	н/о	0,74±0,26	0,34*	0,44*	41±12
ПДК (ОДК) [10, 11]	6	23	–	3	4	5	6	60-80-100

Н/п – обозначает, что определение не проводили.

Литература

- Россия в окружающем мире. 2006 : аналитический ежегодник / под общ. ред. Н. Н. Марфенина, С. А. Степанова. М. : МНЭПУ, Авант, 2007. 320 с.
- О состоянии окружающей природной среды в Кировской области в 2007 году : региональный доклад / под общ. ред. Пересторонина В. П. Киров : ООО «Триада плюс», 2008. 204 с.
- Ашихмина Т. Я. Экологические аспекты радиационной безопасности в районе Кирово-Чепецкого химического комбината // Атомная энергия, общество, безопасность : сб. м-лов Второго общественного форума-диалога. СПб, 2008. С. 398-403.
- Ашихмина Т. Я. Проблемы радиоактивных отходов на территории Кировской области // Атомная энергия, общество, безопасность : сб. м-лов общественного форума-диалога. М., 2007. С. 233-237.
- Дружинин Г. В., Лемешко А. П., Синько В. В., Ворожцова Т. А., Нечаев В. А. Загрязнение природных сред вблизи системы водоотведения Кирово-Чепецкого химического комбината // Региональные и муниципальные проблемы природопользования : сб. м-лов 9-й науч.-практ. конф. Кирово-Чепецк, 2006. С. 125-127.
- Черных Н. А., Овчаренко М. М. Тяжёлые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. М., 2002. 200 с.
- Скугорева С. Г., Огородникова С. Ю., Головки Т. К., Ашихмина Т. Я. Фитотоксичность фосфорорганических соединений и ртути / под ред. Т. К. Головки. Екатеринбург : УрО РАН, 2008. 152 с.
- Методика выполнения измерений содержания металлов в твёрдых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М., 1998. 16 с.
- Методика выполнения измерения массовой доли общей ртути в пробах почв и грунтов на анализаторе ртути РА-915+ с приставкой РП-91С. М., 2000. 12 с.
- Гигиенические нормативы. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Утв. 19 янв. 2006 г.
- Гигиенические нормативы. ГН 2.1.7.2042-06. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. Утв. 19 янв. 2006 г.