

**Янин Е.П. Воздействие предприятий электротехнического машиностроения на окружающую среду // Экологическая экспертиза, 2008, № 3, с. 19–29.**

Заводы электротехнического машиностроения производят трансформаторы и трансформаторные подстанции, генераторы и гидрогенераторы, крупные электромашины, передвижные электростанции, напольный транспорт, электровозы, различные электродвигатели, часто выпускают высоковольтную и низковольтную аппаратуру, установочные автоматы, запасные части к различному электротехническому оборудованию, электроприводы, выпрямители, силовые преобразователи, конденсаторы, электросварочное оборудование (индукционные нагреватели, высокочастотные установки для индукционного нагрева, контактные машины, автоматы и полуавтоматы для сварки, плазменные установки и т. д.), бытовые электроприборы и др. Производство некоторых изделий, например гидрогенераторов, малосерийное и индивидуальное.

В составе заводов электротехнического машиностроения присутствуют производства, характерные для машиностроительного комплекса (металлообрабатывающие, сборочные, гальванические, инструментальные, окрасочные цеха, участки травления, штамповочно-сварочные и газорезательные, намотки, изготовления магнитопроводов, обмоток, изоляционных деталей, сердечников, пропитки, заливки и сушки, аппаратные цеха, а также различные общепромышленные объекты). На заводах активно используются процессы обезжиривания, закалки, охлаждения, промывки, отжига, пайки. В производстве широко применяется электротехническая сталь (для изготовления сердечников силовых трансформаторов и магнитопроводов гидрогенераторов переменного тока, для производства высокочастотных трансформаторов и генераторов электрического тока, для производства роторов и статоров электрических машин и др.), трансформаторные масла (сотни и тысячи тонн в год на одном заводе), лакокрасочные материалы (десятки тонн), растворители, алюминиевый прокат (десятки тонн), прокат цветных металлов, чугун переплавный и литейный, стальные трубы, электроды сварочные (десятки тонн), полиамиды и эпоксидные смолы (десятки тонн), лавсан, полистирол, медные провода (десятки тонн), различная электротехническая и кабельная продукция, изоляционные материалы и др. Все это определяет потенциальную возможность негативного воздействия указанных предприятий на окружающую среду, проявляющегося, прежде всего, в ее химическом загрязнении. В то же время особенности влияния указанных предприятий на окружающую среду изучены слабо. Имеющиеся конкретные сведения немногочисленны и разрозненны. Наиболее принципиальные из них систематизированы ниже.

Анализ имеющихся материалов позволяет предположить, что в выбросах предприятий электротехнического машиностроения будет присутствовать широкая группа химических элементов, типичных для машиностроительного производства (табл. 1). По данным [7], в выбросах заводов низковольтной аппаратуры присутствуют значительные количества марганца и ртути.

Таблица 1. Металлы в промышленной пыли машиностроительных заводов [13, 14]

Процесс	Коэффициенты концентрации элементов $K_C$ *			
	$n \times 1000$	$n \times 100$	$n \times 10$	$n \times 1$
Литье стали	-	-	Sn-Sb-Ni-W	Mn-Zn-B-Pb-Mo
Выбивка форм	-	-	W	Mo-Zn-Co-Pb
Очистка отливок	-	W-Mo	Cr-Ni-Cu	V-Co
Кузнечно-прессовый цех	-	Zn	W-Mn	Mo-Ni-Sn-Co-Pb
Механическая обработка черных металлов	-	W-Mo-Cu	Cr-Ni-Co-Zn	Mn-V-Pb-Sn
Механическая обработка цветных металлов	Cu-Zn-Pb	Cr-Ni	W-Sn	Co-Mo-V
Заточка инструментов	W	Mo-Co	Cr-V-Cu-Ni	Zn-Sc

\* Коэффициенты концентрации рассчитывались относительно кларка земной коры.

Формирующиеся в зонах влияния машиностроительных заводов зоны загрязнения (в почвах и снежном покрове) отличаются интенсивным концентрированием W, Mo, Sn, иногда Be и Ti [14]. Обязательно присутствие повышенных содержаний Zn, Pb, Cu, как правило, характерных для любого металлоемкого производства. В почвах не исключено накопление Bi, Cr, Ni ( $K_C$  до 3-10). Например, в окрестностях московского «Электростроительного завода» в почвах и снежном покрове (в пыли, осаждаемой со снегом) интенсивно концентрировались Cd, Pb, Cr, Sn, Zn, Cu, в меньшей степени Co и Ni. По данным В.Б. Ильина и др., [8], в зоне влияния Новосибирского завода «Элсиб» (производство электрических машин, турбогенераторов, гидрогенераторов) в почвенном покрове фиксируется специфическая ассоциация химических элементов (табл. 2). Ведущее значение олова в геохимических ассоциациях, свойственных почвенному покрову, явно связано с воздействием выбросов оловокомбината.

Таблица 2. Химические элементы в почвах вблизи заводов в г. Новосибирске [8]

Предприятие	Коэффициенты концентрации элементов $K_C$ *				
	> 100	100-30	30-10	10-3	< 3
«Элсиб»	-	Sn	Co-Pb	Cd-Cu-Mn-V-Zn-Bi	Sc-Cr-Mo-Nb
Оловокомбинат	Sn	W	Bi	As-Cu-Zn-Co-Sr-Cd	B-Mo-Zr-Y
ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3	-	-	-	Sn-Sr-Cu-Co-Zn	Cd-B-Bi-Mo-Ba-Pb-Zr

\* Относительно максимальных значений фоновых концентраций элементов в почвах, приводимых авторами цитируемой работы.

В почвах вблизи гальванического цеха завода «Электромашин» (г. Кишинев) накапливались Zn ( $K_C$  относительно фона = 50), Sb (50), Pb (26), Cu (14), Sr (10), Ag (10), Sn (7), Cr (6), Ni (3); суммарный показатель загрязнения  $Z_C = 177$  [10]. Еще более сильно загрязнены почвы вблизи окрасочного цеха (суммарный показатель  $Z_C = 339$ ), отличающиеся присутствием очень специфической, но типичной для данного производства ассоциаций элементов: Cu ( $K_C = 4000$ ), Co (273), Pb (184), Zn (158), Ag (40), Mo (17), Sr (10), Ni (10), Sn (9), Cr (3). Содержание ртути в почвах вблизи предприятия достигало 0,46 мг/кг, что на порядок выше ее кларка.

По данным Б.А. Ревича и др. (1983, цит. по [20]), в окрестностях Московского электромеханического завода (производство электродвигателей переменного тока) в почвах концентрируются Zn ( $K_C = 8$ ), Pb (7), Sn (6), Bi (5), Mo (5), Cr (2), Ni (1,5). Довольно схожие по качественному составу геохимические ассоциации отмечались в снеговой пыли и снеговой воде (табл. 3). В воздухе обнаруживались повышенные содержания Pb (часто выше предельно допустимой концентрации), Mn, Zn, V, иногда Cd, уровни которых многократно превышали фоновые концентрации. Вблизи Московского прожекторного завода, в свое время производившего стиральные машины, электротюги и аккумуляторы, в различных компонентах окружающей среды отмечаются повышенные концентрации широкой группы тяжелых металлов (табл. 4). Так, в снежном покрове (в пыли, осаждаемой со снегом) относительно интенсивно накапливаются Zn, Ni, Cu, Pb и Co; в почвах – Zn, Pb, в меньшей степени Mo, Cr и Sn. В целом зона техногенного загрязнения захватывает не только территорию предприятия, но и жилые массивы, расположенные в 300-500 м от завода. Площадь зоны загрязнения, фиксируемая по аномальным концентрациям цинка, достигает примерно 1,9 км<sup>2</sup>.

Таблица 3. Химические элементы в снеговой воде и в снеговой пыли в районе электромеханического завода

Компонент	Геохимическая ассоциация (в скобках $K_C$ относительно фона)
Вода	Cd(16,7)-Cu(11,1)-Zn(7,6)-Ni(3,7)-Pb(1,9)
Пыль	Zn(3,9)-Ni(2,9)-Cd(2)-Cu(1,4)

Таблица 4. Химические элементы в районе прожекторного завода

Элемент	Пыль, осажженная снегом		Почва	
	мг/кг	$K_C$ *	мг/кг	$K_C$ *
Ванадий	-	-	34	0,4
Хром	-	-	79	1,7
Кобальт	20	2,8	6	0,8
Никель	190	9,5	19,3	0,9
Медь	170	6,3	-	-
Цинк	650	13	306	6,1
Молибден	-	-	1,5	1,8
Кадмий	2	1	-	-
Олово	-	-	8,5	1,6
Свинец	100	3,8	93	3,6

\* Относительно фоновых содержаний в почвах.

В г. Москве вблизи завода электромеханической аппаратуры в почвах формируется аномалия, в состав которой входят Pb, Sn, Zn, Cu, Ni и Cr. Аналогичная ассоциация, но с присутствием кадмия и «лидерством» меди отмечалась в почвах в районе завода электромонтажных изделий и завода по ремонту электроподвижного состава. В окрестностях Московского завода электромеханической аппаратуры в воздухе отмечены высокие содержания органических веществ, а в снежном покрове обнаруживались повышенные концентрации вольфрама. В почвах около завода автотранспортного электрооборудования наблюдались высокие концентрации Pb ( $K_C = 43$ ), Sn (12), Zn (7), Bi (5), Mo, Co и Ni (1,5-3) [5].

В почвах юго-западной части Новгорода, где расположен комплекс электротехнических и электронных производств, выпускающих средства автоматизации, электровакуумные приборы и др., установлены повышенные концентрации Ag, Sn, Pb, W и некоторых других металлов [18]. По значению суммарного показателя загрязнения  $Z_C$  здесь встречались участки городской территории со средним ( $Z_C < 16$ ), умеренно опасным (16-32) и опасным уровнем техногенного загрязнения (32-48 и выше) почв.

В атмосферном воздухе вблизи машиностроительных предприятий стабильно обнаруживаются высокие концентрации тяжелых металлов, причем, как правило, в отдельные дни их уровни могут превышать фоновые параметры в десятки и сотни раз (табл. 5). По данным А.А. Волоха [6], в атмосферном воздухе в зонах влияния предприятий машиностроения в высоких концентрациях присутствуют Co, Pb, Ni, Cr, Mn, Sb ( $K_C$  относительно фона изменяется в пределах 10-50), а также Zn, V, Sn, Mo ( $K_C$  до 10).

Таблица 5. Химические элементы (аэрозольная форма) в атмосферном воздухе в зоне влияния машиностроительных предприятий [14]

Металл	мкг/м <sup>3</sup>		$K_C$ относительно фона	
	средняя	максимальная	средний	максимальный
Ванадий	0,02	0,39	7	130
Хром	0,09	0,83	15	140
Марганец	0,12	0,90	9	69
Никель	0,04	0,36	10	90
Цинк	0,23	1,85	10	80
Свинец	0,13	0,70	22	117

Специфическое влияние на среду обитания оказывают заводы по производству конденсаторов. Электрический конденсатор представляет собой устройство, предназначенное для получения нужных величин электрической емкости и способное накапливать и отдавать (перераспределять) электрические заряды. Конденсаторы бывают постоянной и переменной емкости. В зависимости

от типа диэлектрика, материала обкладок и конструктивного исполнения различают конденсаторы бумажные, воздушные, керамические, пленочные, слюдяные, электролитические и др. У бумажного конденсатора обкладки выполнены из фольги, а в качестве диэлектрика используется бумага, пропитанная твердым расплавленным (церезин, хлорнафталин) или жидким (изоляционное масло, совол) веществом. В воздушных конденсаторах диэлектриком служит воздух. Керамические конденсаторы выполняют в виде дисков и трубочек с посеребренной поверхностью для низких или горшкового и бочоночного типов для высоких электрических напряжений. Значительная часть их производится с использованием палладия. В пленочном конденсаторе диэлектриком служит тонкая пленка полистирола, полиэтилена, фторопласта и др. В слюдяном конденсаторе диэлектриком является листовая слюда, а обкладками – фольга или слой напыленного на слюду металла. Электролитический конденсатор содержит в качестве одной из обкладок электролит, а в качестве другой – металлическую пластину (алюминий и др.), покрытую оксидным слоем. Перспективными являются компактные танталовые конденсаторы. В составе сплавов тантала, используемых в производстве конденсаторов, присутствуют ниобий и некоторые другие элементы. В развитых странах до 60-70% всего тантала используется в конденсаторной промышленности. В 1985 г. Японии, например, было выпущено 2210 млн. танталовых конденсаторов; в каждом конденсаторе содержалось до 0,054 г тантала. Различают силовые конденсаторы, предназначенные для продольной компенсации реактивного сопротивления дальних линий электропередач, для повышения коэффициента мощности промышленных электроустановок и индукционных электротермических установок в силовых сетях высокого и низкого напряжения или в силовых устройствах повышенных частот и др., и малогабаритные конденсаторы, предназначенные для работы в пускорегулирующих аппаратах люминесцентных ламп (особенно широко), в качестве балластных для защиты накальных трансформаторов, в пусковых двигателях, бытовых устройствах и аппаратуре и т. п. В общем случае производство силовых и малогабаритных конденсаторов может сопровождаться загрязнением производственной и окружающей среды многими химическими элементами, содержащимися, например, в металлизированных полимерах-диэлектриках (для металлизации полимеров используют Al, Cu, Zn, Ti, Cd, Cr, Ag, Au, Pt, Sn, Ta, Pb, Co, Fe, Ni, V, Mo), пылью слюды, органическими поллютантами, которые выделяются из нефтепродуктов, красок, растворителей, синтетических полимеров.

В свое время достаточно во многих странах широкое применение в электротехнической промышленности находили полихлорированные бифенилы (ПХБ), которые первоначально преимущественно использовались в качестве диэлектрической жидкости в силовых трансформаторах и силовых конденсаторах [11]. Например, в СССР на долю электротехнической промышленности приходилось около 75% производимых ПХБ [22]. В настоящее время ПХБ признаны приоритетными поллютантами, получившими название «супертоксианты XXI века».

В быв. СССР выпуск силовых трансформаторов с совтолом (смесь пентахлордивенила и трихлорбензола в соотношении компонентов 9:1 частей по массе) осуществлялся на Чичирском (Узбекистан) и Свердловском трансформаторных заводах (ПО «Уралэлектротяжмаш»), а силовые конденсаторы с ПХБ производились на Серпуховском и Усть-Каменогорском конденсаторных заводах [9]. Малогабаритные конденсаторы, предназначенные для работы в пускорегулирующих аппаратах люминесцентных ламп (особенно широко), в качестве балластных для защиты накальных трансформаторов, в пусковых двигателях, бытовых устройствах и аппаратуре, производились в разных странах в достаточно массовых объемах в 1960-1970-х гг. (в быв. СССР на Ленинанском электротехническом заводе с 1969 г. по 1989 г.). В настоящее время производство силовых трансформаторов и различных конденсаторов с ПХБ в качестве диэлектрической жидкости прекращено (в существенной мере по экологическим соображениям) практически во всех странах ми-

ра, но можно предположить, что в окрестностях соответствующих заводов могут сохраняться остаточные зоны загрязнения, обусловленные повышенными уровнями в окружающей среде этих соединений [4, 9, 12, 19]. ПХБ могут также присутствовать в хранящихся (или используемых) на предприятиях электротехнического машиностроения силовых трансформаторах и силовых конденсаторах, что не исключает их потенциального поступления в окружающую среду. Есть также сведения, что смазочные масла с использованием ПХБ относительно широко применялись для компрессоров, режущих аппаратов, вакуумных насосов, перекачивающих станций, тормозных колодок [9].

Сточные воды многих предприятий электротехнического машиностроения, особенно стоки гальванических производств, содержат экстремально высокие концентрации Cu, Ni, Cd, Zn, Cr, Na, цианиды, различных органических веществ и минеральных кислот (табл. 6-10), а также отличаются повышенными содержаниями нефтепродуктов. В сточных водах окрасочных цехов (камер) в значительных количествах присутствуют взвешенные вещества (особенно краски), различные химикаты (кальцинированная сода, тринатрийфосфат и др.). Сточные воды заводов по производству конденсаторов отличаются высокими содержаниями металлов, взвешенных веществ, соединений азота и фосфора, фенолпроизводных, сульфатов и др. (табл. 11). Безусловно, что определенная часть перечисленных в табл. 6-11 загрязняющих вещества в том или ином количестве поступает в поверхностные водные объекты.

Таблица 6. Состав сточных вод трансформаторных заводов, мг/л [15]

Показатель	Сточные воды		Среднее содержание в водах зоны гипергенеза [17]
	до очистки	после очистки	
Температура (°C)	90-30	до 25	- *
Взвешенные вещества	200-250	10-15	-
Эфирорастворимые	150-200	1,5-2	-
Жесткость общая (мг-экв/л)	4	4	-
Щелочность общая (мг-экв/л)	9,2	9,2	-
pH	4-8	6,5-8	6,90
Сухой остаток	1000-1200	1000-1200	469
Хлориды	40-60	40-60	59,7
Сульфаты	20-40	20-40	70,7
Хром (3 <sup>+</sup> )	14,3	0,28	0,00303
Никель (2 <sup>+</sup> )	2,6	0,05	0,00358
Цинк (2 <sup>+</sup> )	12,6	0,18	0,0414
Медь (2 <sup>+</sup> )	3,4	0,07	0,00558
Алюминий (3 <sup>+</sup> )	0,16	0,03	0,226
ПАВ	30-50	0,3-0,5	-
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /л)	170-250	170-250	-

\* Прочерк здесь и в табл. 7-11 означает, что данные отсутствуют.

Для отвода сточных вод на многих предприятиях обычно предусматривают три канализационные сети: 1) производственных стоков от оборудования для гидравлических испытаний, окрасочных камер, закалочных ванн; 2) производственных стоков от цехов гальванических покрытий; 3) бытовых стоков. Производственные сточные воды, загрязненные взвешенными веществами, краской и нефтепродуктами, проходят очистку на локальных установках – гряземаслобензоуловителях и краскоуловителях. Сточные воды от гальванических цехов обрабатываются на специальных сооружениях реагентного типа, в состав которых входят усреднители, реакторы, отстойники, реагентное хозяйство, устройства для сбора и обезвоживания осадка. Очищенные производственные стоки совместно с бытовыми сточными водами, как правило, направляются в городскую канализацию.

Таблица 7. Состав сточных вод предприятий электротехнического машиностроения, мг/л [15]

Показатель	Заводы гидрогенераторов, крупных электромашин, электроаппаратуры, электрооборудования		Заводы электротермического оборудования	
	до очистки	после очистки	до очистки	после очистки
Температура (°C)	15-20	10-15	18-20	18-20
Взвешенные вещества	До 8000	До 50	165	100-120
Эфирорастворимые	До 100	До 1,5	10	3-4
Жесткость общая (мг-экв/л)	-	-	9	10-12
Щелочность общая (мг-экв/л)	-	-	5	6
pH	3-5	7	4,5-6	8-8,5
Кислоты	50-100	Отсутствуют		
Щелочи	20-50	Отсутствуют		
Сухой остаток	1000-2000	1000-2000	1200	900-1000
Хлориды			150	180
Сульфаты	100	100	800	500
Железо (общее)	10	До 3	0,05	0,02
Ионы тяжелых металлов	До 100	До 2,7	10	0,5-1,5
Биогенные элементы	12,5	12,5		
Фенолпроизводные	-	-	0,1	0,1
ПАВ	20	0,5		
Окисляемость перманганатная	115	10	-	40-80
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /л)	20	15		

Таблица 8. Состав сточных вод предприятий по производству электродвигателей малой мощности, электровозов, напольного транспорта, светотехнического оборудования, мг/л [15]

Показатель	До очистки	После очистки
Температура (°C)	15-30	10-15
Взвешенные вещества	8000	100
Эфирорастворимые	200	3
pH	3,5-5	7
Сульфаты	72	4,7
Железо (общее)	23	0,5
Cr <sup>3+</sup>	22	0,051
Ионы тяжелых металлов	10,5	0,016
ПАВ	3,25	0,5
Окисляемость перманганатная	15	10
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /л)	20	15

Таблица 9. Состав сточных вод гальванических производств заводов асинхронных двигателей, мг/л [15]

Показатель	До очистки	После очистки
Кислото-щелочные стоки		
Едкий натр	143	pH = 7
Серная кислота	913	pH = 7
Азотная кислота	228	pH = 7
Соляная кислота	46	pH = 7
Ni <sup>2+</sup>	10,9	0,22
Cu <sup>2+</sup>	7,2	0,1
Cd <sup>2+</sup>	14,1	0,3
Na <sup>+</sup>	7,2	0,1
Zn <sup>2+</sup>	9,6	0,2
Хромсодержащие стоки		
K <sup>+</sup>	75,4	1,5
Cr <sup>6+</sup>	62,4	1,2
Zn <sup>2+</sup>	192,5	3,8

Таблица 10. Состав сточных вод гальванических производств заводов крановых и тяговых электродвигателей, мг/л [15]

Показатель	До очистки	После очистки
	Кислото-щелочные стоки	
Едкий натр	150	pH = 7
Серная кислота	250	pH = 7
Азотная кислота	200	pH = 7
Соляная кислота	250	pH = 7
Ni <sup>2+</sup>	11,1	0,2
	Цианистые стоки	
Zn <sup>2+</sup>	401	8
CN <sup>-</sup>	159	3,2
Едкий натр	100	pH = 7
Cd <sup>2+</sup>	175	3,5
	Хромсодержащие стоки	
Cr <sup>6+</sup>	156	3,1
Серная кислота	150	pH = 7
Азотная кислота	200	pH = 7

Таблица 11. Состав сточных вод конденсаторных заводов, мг/л [15]

Показатель	До очистки	После очистки
	а) Гальваническое производство	
Кислотно-щелочные стоки:		
Серная кислота	10500	pH = 7
Азотная кислота	5000	-
Борная кислота	10	-
Железо	129	2,6
Медь	91	1,8
Цинк	111	2,21
Никель	30	0,6
Кадмий	7,5	0,2
Натрий	4,8	0,1
Хромсодержащие стоки:		
Азотная кислота	250	pH = 7
Серная кислота	200	pH = 7
Хром	546	3
	б) Окрасочное производство (окрасочные камеры)	
Взвешенные вещества	540	-
Краска (кг/м <sup>3</sup> )	до 0,2	-
	в) Окрасочное производство (агрегаты обезжиривания)	
Взвешенные вещества	30	10
Сода кальцинированная	10	10
Тринатрийфосфат	10	1

Необходимо отметить, что на некоторых заводах электротехнического машиностроения в свое время производились ртутные выпрямители, что не исключало загрязнения воздуха, почв, водных объектов токсичной ртути. Можно предположить, что в окрестностях таких предприятий существуют остаточные зоны ртутного загрязнения. Например, В.З. Фурсовым [16], в 1990 г. в г. Екатеринбурге на заводе «Уралэлектротяжмаш» в одном из цехов были установлены высокие концентрации паров ртути (281-2380 нг/м<sup>3</sup>), используемой при изготовлении ртутных выпрямителей еще в 1947-1972 гг. Не исключено, что интенсивные аномалии этого металла будут фиксироваться в строительных конструкциях и почвогрунтах промышленной зоны и ее окружения.

Загрязнение рабочих помещений может быть также вызвано причинами, не связанными прямо с технологическими процессами. Так, в г. Чехове на вентиляторном заводе во время пожара были повреждены ртутные термометры, что привело к отравлению нескольких рабочих парами ртути («Советская Россия», 14.05.1988). Различные ртутьсодержащие приборы, устройства и изде-

лия в той или иной мере по-прежнему используются на многих предприятиях, являясь потенциальными источниками загрязнения производственной и окружающей среды ртутью [1-3, 21].

В общем случае зона загрязнения, формирующаяся в окрестностях машиностроительных заводов и особенно надежно фиксируемая в почвах и снежном покрове, имеет изоморфную структуру [14]. Ядро ее с максимальной концентрацией металлов занимает промплощадки и прилегающие к ним территории в радиусе 200-400 м. Общая зона влияния распространяется почти на 4 км, причем в почвах она прослеживается на меньшей площади (до 1-1,5 км), нежели в пыли, осаждаемой со снегом (до 4 км). Высокий и опасный уровни загрязнения, отмеченные значениями суммарного показателя загрязнения  $Z_c$  в почвах  $> 32$  и в снеге  $> 128$ , устанавливается на площади в радиусе 1,5 км, что обуславливает формирование неблагоприятной экологической ситуации в ближайших к предприятиям жилых массивах. Как правило, средние и малые города, в которых промышленная инфраструктура представлена преимущественно предприятиями машиностроительного профиля, характеризуются примерно равным соотношением территорий с относительно невысоким уровнем загрязнения и территорий с умеренно опасной степенью загрязнения (примерно по 50% от всей площади города). Тем не менее непосредственно в пределах промплощадок и прилегающих санитарно-защитных зон наблюдаются (как правило, небольшие по площади) участки с опасным и чрезвычайно опасным уровнем загрязнения.

#### Литература

1. Бессонов В.В., Янин Е.П. Экологические аспекты производства и использования ртутьсодержащих приборов и устройств // Экологические системы и приборы, 2006, № 4, с. 3-13.
2. Бессонов В.В., Янин Е.П. Экологические аспекты производства и использования ртутьсодержащих химических источников тока // Экологические системы и приборы, 2006, № 8, с. 18-30.
3. Бессонов В.В., Янин Е.П. Использование ртутных термометров в России как источник поступления ртути в окружающую среду // Геохимия биосферы: Докл. Междунар. научн. конф. Москва, 15-18 ноября 2006 г. – Смоленск: Ойкумена, 2006, с. 70-71.
- 4.
- 5.
6. Волох А.А. Опыт контроля за загрязнением атмосферного воздуха металлами и летучими органическими соединениями на городских фоновых территориях // Геохимические исследования городских агломераций. – М.: ИМГРЭ, 1998, с. 40-58.
- 7.
- 8.
9. Кухарчик Т.И. Полихлорированные бифенилы в Белоруси. – Минск: Минсктиппроект, 2006. – 264 с.
- 10.
- 11.
- 12.
13. Саэт Ю.Е., Башаркевич И.Л., Ревич Б.А. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 66 с.
14. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
- 15.
- 16.
- 17.

18.

19. *Янин Е.П.* Полихлорированные бифенилы в окружающей среде (эколого-гигиенические аспекты). – М.: Диалог-МГУ, 1997. – 35 с.

20. *Янин Е.П.* Электротехническая промышленность и окружающая среда (эколого-геохимические аспекты). – М.: Диалог-МГУ, 1998. – 281 с.

21. *Янин Е.П.* Ртутные термометры: экологические аспекты производства, использования и утилизации. – М.: ИМГРЭ, 2004. – 55 с.

22.