

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ В ПОЧВО-ГРУНТАХ ГОРОДА ТОМСКА

Ляпина Е.Е., Головацкая Е.А.

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН  
Академический пр., 10/3, г. Томск, 634021, Россия  
e-mail: [EELDVB@mail.ru](mailto:EELDVB@mail.ru)*

*Пылевые выбросы промышленных предприятий являются важнейшим источником эмиссии химических элементов в городскую среду. Почвы являются долговременным аккумулятором тяжелых металлов, в том числе и ртути, поэтому необходимо их геохимическое исследование при проведении мониторинга окружающей среды.*

Известно, что в процессе хозяйственной деятельности человек оказывает глубокое и разностороннее воздействие на окружающую среду. Последствия этого влияния часто носят негативный характер. Негативные тенденции в изменении природы особенно четко проявились в последнее десятилетие XX века. География и экология рассматривают природную среду не как случайный набор элементов и компонентов природы, а как сложную систему, состоящую из связанных между собой геосфер (литосферы, атмосферы, гидросферы, фито- и зоосферы). Хозяйственная деятельность, как правило, нарушает их естественное состояние. В результате происходят существенные изменения природной среды, которые, в свою очередь, часто негативно влияют на жизнь и деятельность людей [1].

Развитие цивилизации с древнейших времен основано на освоении человеком природных, в частности минеральных, ресурсов. В результате человеческой деятельности возник новый вид миграции химических элементов - антропогенная миграция, масштабы которой, как впервые указал В.И.Вернадский, сравнимы с масштабами геологических процессов.

Интенсивность искусственной концентрации, перераспределения и проникновения химических элементов из литосферы в биосферу несопоставима со скоростью миграции вещества, характерной для эволюционных геологических процессов. Естественные механизмы самоочищения биосферы не справляются с все возрастающей нагрузкой, что приводит к деградации окружающей среды, выражающейся в необратимом нарушении химического равновесия в экосистемах регионального и глобального уровня.

Негативное влияние на среду обитания далеко не ограничивается накоплением в природной среде токсичных элементов и соединений, непосредственно воздействующих на биоценозы и человека - оно вызывает также нарушение глобального химического и теплового баланса Земли. Среди огромного многообразия химических веществ и соединений, поступающих в природную среду, очень важно выделить наиболее опасные.

В 1974 г. на основании рассмотрения глобальных и региональных экологических проблем были определены 8 классов приоритетных загрязнителей природных сред, наиболее влияющих на изменение экологической обстановки. При выработке системы приоритетов учитывались: фактический и потенциально возможный эффекты негативного воздействия на человека, экосистемы и климат, способность накопления в пищевых цепочках, биохимические свойства загрязнителей и продуктов их химической трансформации, подвижность в окружающей среде, частота и степень воздействия, а также ряд других факторов. Из металлов в список приоритетных загрязнителей вошли два - свинец и ртуть [6].

В большинстве городов и регионов России, несмотря на резкое сокращение промышленного производства, экологическая ситуация на сегодняшний день является критической или близка к таковой. Население крупных городов постоянно подвергается воздействию целого комплекса факторов антропогенного загрязнения окружающей среды. Почва, которая находится на пересечении всех транспортных путей миграции химических элементов, - наиболее чувствительный индикатор геохимической обстановки в ландшафте. Кроме того, выполняя ряд важнейших общебиосферных функций и являясь связующим звеном

между биологическим и геологическим круговоротами вещества и энергии, почва может быть названа связующим звеном биосферы[9]. Поверхностная составляющая почв городов формируется в основном за счет выпадения загрязнений из атмосферы. В общей структуре загрязнений значительная роль принадлежит ртути. Как неоднократно указывалось в литературе, поступающая в почву ртуть, вероятно, связывается в элементарной форме и в виде катионных и анионных комплексов, но задерживается почвой главным образом в форме малоподвижных органических комплексов [2].

Ртуть в почвенном покрове распределяется неоднородно, концентрации ее зависят от уровня содержания ртути в почвообразующих породах и колеблются в пределах 0,005 – 1,275 мг/кг (Сибирь), 0,005 – 0,46 мг/кг (США). Распределение ртути по профилю зависит от свойств почв – гранулометрического, количественного и качественного состава органического вещества, рН среды, содержания карбонатов. Большое влияние на закрепление ртути в почве оказывают органические вещества. В одном и том же элементарном ландшафте ртуть в большей степени аккумулируется в обогащенных органикой участках. Вниз по почвенному разрезу доля ртути, переходящей в солянокислую вытяжку, увеличивается с уменьшением количества гумуса. Таким образом, процессы перераспределения ртути в малом цикле почва-растение усиливают депонирующую роль почвы и ее информативность для выявления загрязнения окружающей среды. Большое влияние на закрепление ртути в почве оказывают органические вещества [1].

Наиболее остро проблема ртутного загрязнения стоит в районах действия мощных источников ртути - горнодобывающих и металлургических комплексов, перерабатывающих ртутные и ртутьсодержащие руды, а также предприятий, использующих значительное количество ртути в технологических циклах (хлор-щелочное производство и другие отрасли химической промышленности).

Антропогенные выбросы ртути в атмосферу связаны со следующими основными процессами:

- добыча и переработка ртутьсодержащих руд;
- сжигание и переработка ископаемого топлива;
- производство хлора и каустической соды;
- производство стойких красителей;
- военное производство;
- производство и применение пестицидов;
- производство электрических источников питания;
- производство люминесцентных ламп;
- производство лекарств, витаминов, зубоврачебное дело;
- производство электротехнических деталей и измерительных приборов;
- катализ в химической и фармацевтической промышленности;
- захоронение и переработка промышленных и бытовых отходов;
- аварийные разливы ртути внутри и вне помещений.

Вовлечение значительного количества ртути в технологический оборот неизбежно приводит к контакту людей с этим токсичным элементом[10].

В атмосфере постоянно содержится 200 – 250 т ртути. Ртуть содержится примерно в равных количествах в виде паров и в аэрозольном состоянии. Время нахождения ртутных паров в атмосфере колеблется от 0,4 до 3 лет. В слабозагрязненном воздухе концентрация ртути составляет 0,8 – 1,2 нг/м<sup>3</sup>, в районах крупных ртутных месторождений – до 240 нг/м<sup>3</sup>, в районах газовых месторождений – до 70000 нг/м<sup>3</sup>, в то время как среднее содержание ее в атмосфере 0,5 – 2,0 нг/м<sup>3</sup>. Содержание ртути в воздухе вокруг предприятий, производящих или потребляющих ртуть, на расстоянии до 2 км может превышать ПДК в 4 – 5 и более раз. В радиусе 5 км от организованного источника выпадает не более 6 – 10% валового выброса ртути, около 60% переносится на расстояние до 100 км.

Основным источником поступления ртути в атмосферу городов являются промышленные предприятия цветной металлургии, занимающиеся производством металлической ртути непосредственно из ртутных руд, а также извлекающих ртуть из промышленных изделий ее содержащих, на которых ртуть участвует в производственном цикле. К таким предприятиям относятся химическая промышленность, а также предприятия по производству соединений ртути, предприятия электротехнической промышленности, предприятия электронной промышленности. А так же предприятия, добывающие и перерабатывающие руды различных металлов и углеводородов, производящие цемент и флюс для металлургической промышленности. Высокая "технофильность" ртути приводит к тому, что на любых урбанизированных территориях отмечается высокая загрязненность ею почв и донных отложений.

В городах с развитой промышленностью, не имеющих специализированных "ртутных" производств, данный элемент является приоритетным загрязнителем городских почв и водоемов, примером чему служат данные эколого-геохимической съемки территории г. Санкт-Петербурга. Крайне острой является и проблема загрязнения парами ртути воздуха производственных, коммунальных и жилых помещений [6].

Ртуть и ее соединения являются высоко токсичными веществам, по современной классификации относятся к I классу опасности. Ртуть – единственный элемент, кроме благородных газов, образующий одноатомные пары при комнатной температуре. По вредному воздействию она превосходит такие широко известные токсиканты, как свинец, мышьяк, кадмий и др. Из ряда наиболее токсических веществ ртуть выделяют ее специфические свойства: способность интенсивно испаряться в атмосферном воздухе, высокая летучесть ее паров, способность к окислению-восстановлению, метилированию с образованием высокотоксичных соединений и способность мигрировать и аккумулировать по трофическим цепочкам водных и наземных экосистем. Токсическими свойствами обладают и неорганические и органические соединения ртути. Ртуть обладает разнообразием токсических проявлений в зависимости от формы соединения, путей поступления, дозы и индивидуальных особенностей организма. Учитывая, высокую токсичность ртути, ее концентрации в различных природных средах нормированы. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) ртути и ее соединений в различных средах установлены в нормативных документах (табл. 1) [10].

Таблица 1

**Санитарно-гигиенические нормативы для ртути и ее соединений, утвержденные в России**

Атмосферный воздух, ПДК <sub>СС</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Вода, мг/л		Почва, ПДК <sub>п</sub> , мг/кг
	ПДК <sub>в</sub>	ПДК <sub>в.р.</sub>	
0,0003	0,0005	Отсутствие (0,00001) <sup>1</sup> 0.0001 <sup>2</sup>	2.1

<sup>1</sup> – Поступление ртути за счет сбросов в водоемы рыбохозяйственного назначения недопустимо, в скобках указано значение ПДК.

<sup>2</sup> – ПДК для морских водоемов.

Примечание: ПДК<sub>СС</sub> – среднесуточная ПДК; ПДК<sub>в</sub> – ПДК для питьевых вод; ПДК<sub>в.р.</sub> – ПДК для вод водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей; ПДК<sub>п</sub> – ПДК в пахотном слое и почвы населенных мест.

Ни один химический элемент или соединение, входящее в группу высокотоксичных веществ, не имеет столь широкого спектра применения, как ртуть. По причине повсеместной общедоступности ртути, многовариантной возможности ее проникновения в организм человека, ртуть оказывает значительное вредное воздействие на здоровье населения, а за счет эмбриотоксического эффекта – и на здоровье будущих поколений. Пути воздействия ртути на человека являются вдыхание паров металлической ртути, ее летучих соединений или аэрозолей и поступление с продуктами питания и водой. В основе патологического действия ртути лежит блокада биохимически активных групп белковых молекул и низкомолекулярных соединений. При всех путях поступления в организм ртуть

накапливается преимущественно в почках, селезенке, печени [3,7,8]. Средняя величина периода полувыведения ртути из организма человека составляет 76 дней. Лечение ртутной интоксикации заключается в использовании антидотов, образующих неактивные комплексы с ртутью и усиливающие ее удаление из тканей. Одним из широко применяющихся препаратов является унитиол (2,3-димеркапропансульфонат), механизм действия, которого заключается в связывании тяжелых металлов с сульфгидрильными группами.

Томск – крупный промышленный, экономический и интеллектуальный областной центр с населением более 500 тысяч человек. Наличие в пределах городской черты крупных промышленных предприятий: СХК; ТНХК; ТЭЦ, ГРЭС-2, ОАО «Сибкабель», ФГУП «Приборный завод», ОАО «Сибэлектромотор», ФГУП «Радиотехнический завод», ОАО «Томский электромеханический завод» является одной из основных причин загрязнения городской территории и обусловлено исторически сложившимися условиями развития. Всего на территории города расположено 540 организаций, влияющих на состояние окружающей среды.

К основным источникам экологической опасности г. Томска относятся производственные объекты теплоэнергетики, транспорта, стройиндустрии, деревообработки, химической и пищевой промышленности. Подавляющее большинство их размещается в зонах жилой застройки. В Томске 90% предприятий расположены на крайне ограниченной территории – на площади не более 600 км<sup>2</sup>. Это связано с тем, что большая часть предприятий была эвакуирована из европейской части страны в годы II Мировой Войны. Только немногие из промышленных объектов (ТНХК, объединение «Вирион», приборный завод и др.), построенные в последние 20-40 лет, располагаются в малонаселенных районах и за пределами жилых зон города. Более того, Томск входит в санитарно-защитную зону потенциально взрывоопасного объекта [4].

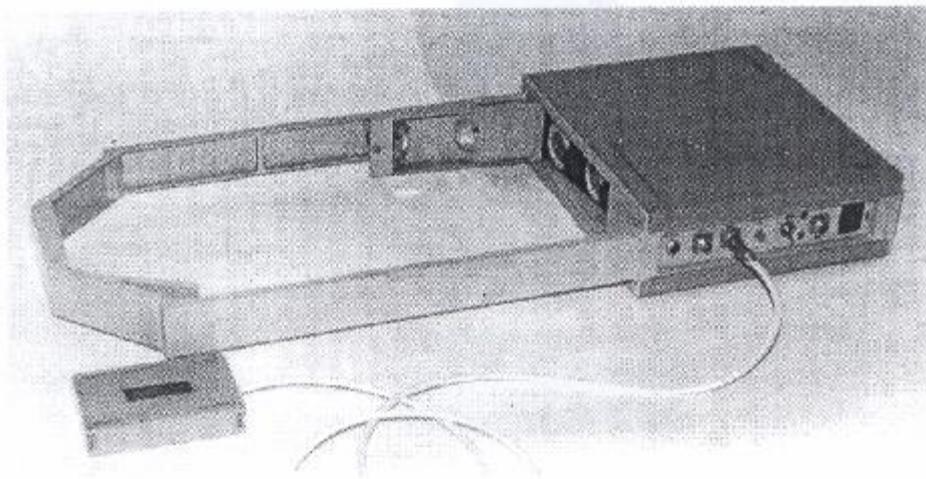


Рис. 1. Ртутный газоанализатор РГА-11

Отбор проб грунта проводился по всей территории г. Томска, всего около 120 точек отбора. Концентрации ртути в образцах определялись ртутным газоанализатором РГА-11, методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Предел обнаружения составляет 0,1 нг/г, погрешность определения 30% [5].

Полученные данные показали наличие концентраций ртути в пробах грунта в значениях, не превышающих ПДК (210 мг/г), но значительно выше фоновых содержаний для почв Томской области. На карте, представленной на рисунке 2, показано распределение концентрации ртути на территории города Томска. На карте хорошо видны районы повышенного содержания ртути в почвах.

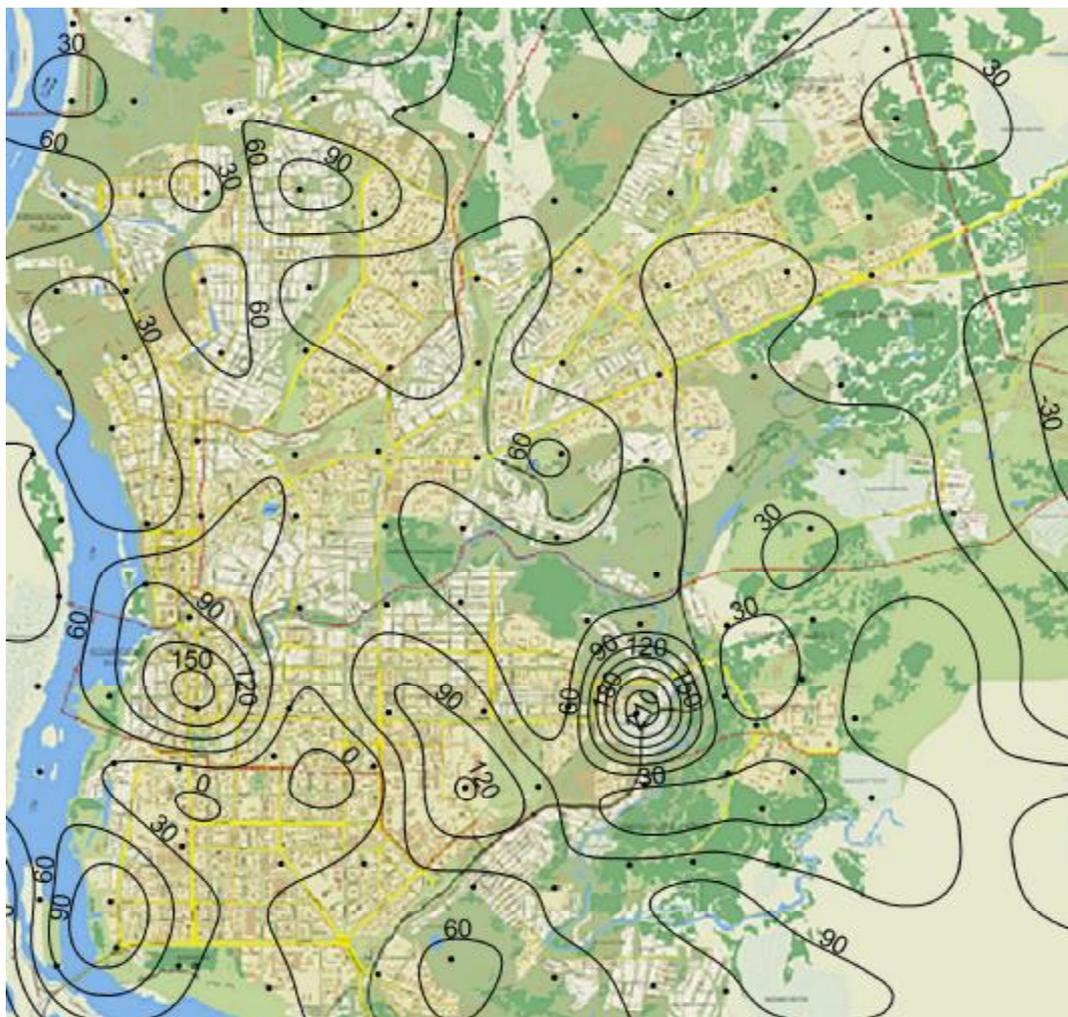


Рис. 2. Распределение концентраций ртути по территории г. Томска

Максимальная концентрация ртути 210 мг/г, соответствующая ПДК, отмечена в Советском районе (пос. Восточный) (табл. 2). Кроме того, выявлено повышенное содержание ртути в районе ул. Большая Подгорная, пр. Ленина (Речной вокзал), вокзала Томск-I. Низкая концентрация ртути наблюдается в лесопарковых зонах, Академгородке и в спальнях районах, где нет крупных промышленных предприятий и нагрузка автотранспорта невелика.

Таблица 2

**Концентрации ртути в пробах почво-грунтов г. Томска**

Концентрация, нг/г	Томск	Северная часть	Южная часть
Среднее	45	37	53
max	210	101	210
min	10	10	18

Повышенные концентрации на ул. Большой-Подгорной, ул. Пролетарской, в поселке Восточный, в районе Московского тракта, на берегу р. Томь связана с наличием большого количества котельных (в том числе и печное отопление частных домов), а так же с понижением в рельефе. Кроме того, в данных районах отмечается наличие большого количества несанкционированных свалок. В районе проспекта Ленина и проспекта Фрунзе наблюдается повышенное содержание концентрации ртути, которое связано с основным загрязнителем городов – автотранспортом.

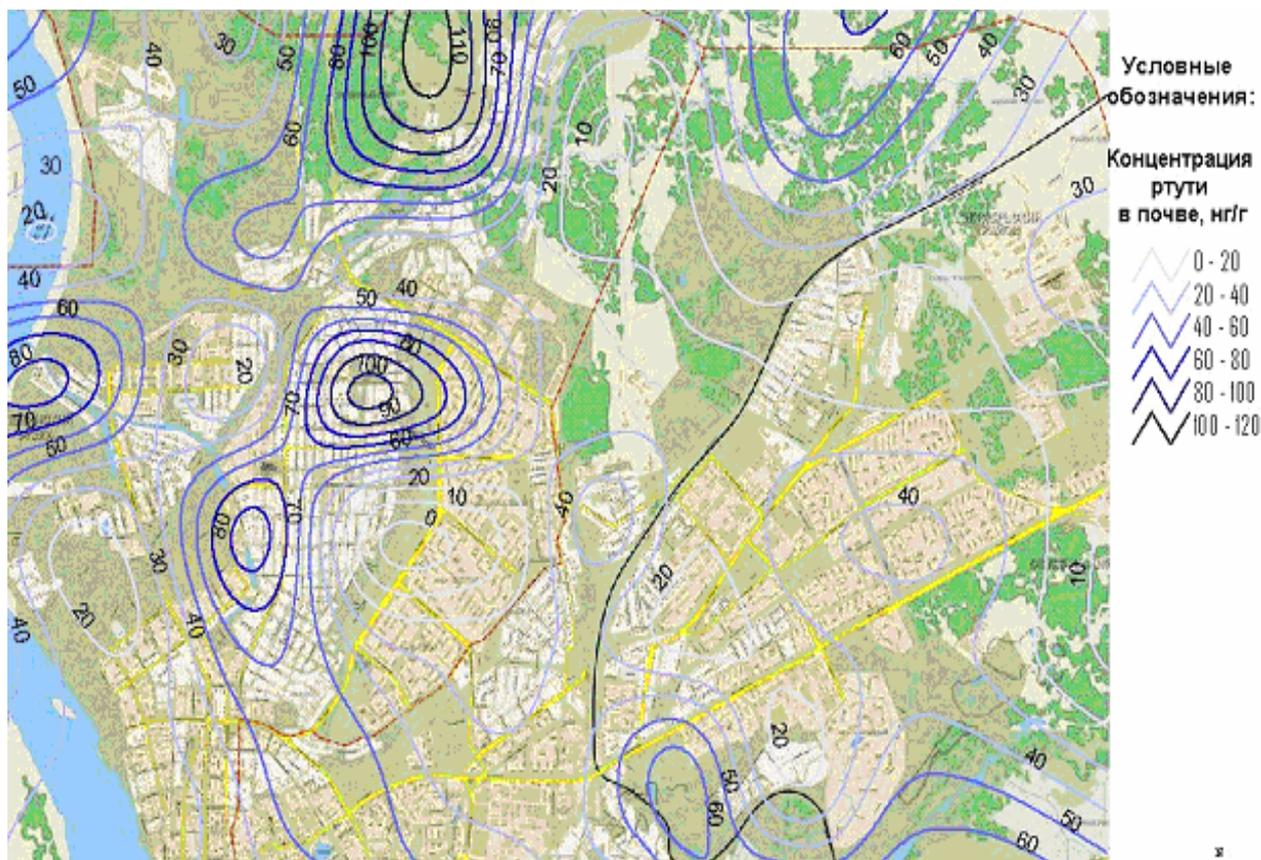


Рис. 3. Содержание ртути в почво-грунтах северной части г. Томска.

Повышенная концентрация ртути в почве между ул. Пушкина и Иркутским трактом, возможно, объясняется загруженностью этого участка автомобильным транспортом и присутствием железнодорожных путей, а также близостью завода полимерных изделий. Повышенная концентрация ртути в районе Соснового бора и Садовых участков связана с преобладающим направлением ветра (рис. 3). Так как в Томске преимущественно ветер южный, то все загрязняющие вещества будут перемещаться в северную часть города. В районе улицы Шевченко основным загрязнителем является ГРЭС-2. Объекты теплоэнергетического комплекса оказывают многокомпонентное воздействие на окружающую среду, при этом основными видами являются: химическое загрязнение (выбросы и сбросы загрязняющих веществ в газообразном, жидком и твердом состояниях) и изъятие природных ресурсов (вода и воздух для технологических целей, земельное пространство для размещения производственных объектов, золошлакоотвалов, ЛЭП и трасс коммуникаций).

В продуктах горения угля около 20 – 50% находится в виде элементарной ртути ( $\text{Hg}(0)$ ), а около 50 – 80% -  $\text{Hg}(+2)$  в виде  $\text{HgCl}_2$ . При сжигании других видов отходов соотношение форм  $\text{Hg}(0)$  и  $\text{Hg}(+2)$  составляет 10 – 20 и 75 – 86% соответственно. Распределение ртути между этими двумя формами в газовых выбросах зависит от концентраций взвешенного  $\text{C}$ ,  $\text{HCl}$  и других загрязняющих веществ. Величина и характер выбросов ртути из источников горения определяется как формами ее существования в газовом потоке, так и механизмом контроля выбросов, т.е. применяемыми очистными фильтрами и системами поглощения.  $\text{Hg}(+2)$  хорошо растворима в воде и поэтому может удаляться из загрязненной атмосферы при сухом или мокром осаждении вблизи источника загрязнения. Сочетание высокого давления пара и низкой растворимости в воде способствует переносу ртути в атмосфере на дальние расстояния. Фоновое содержание ртути в атмосфере обусловлено в основном присутствием  $\text{Hg}(0)$ . Она удаляется из атмосферы при сухом выпадении на земную поверхность и мокрым осаждением после окисления  $\text{Hg}(0)$  и ее перевода в водорастворимую.

Доля объектов теплоэнергетического комплекса в общем объеме выбросов от всех источников в г. Томске приходится около 48 % выбросов[4].

В районе площади Ленина повышенное содержание ртути связано с автотранспортной нагрузкой на магистралях города. Серьезным источником потенциальной экологической опасности для населения города являются железная дорога и обслуживающие ее три станции: Томск-I, Томск-II, Томск - грузовой. Повышенная опасность загрязнения атмосферы и почво-грунтов в южной части города исходит от Томской нефтебазы неподалеку от пл. Южной (рис. 4).



Рис. 4. Содержание ртути в почво-грунтах южной части г. Томска.

В общей сложности в городе насчитывается 5,5 тыс. стационарных источников загрязнения атмосферы, выбрасывающих в воздух более 250-ти загрязняющих веществ.

Размещение и утилизация отходов производства и потребления, воздействие их на окружающую среду, вторичное использование и снижение санитарно-гигиенического и эстетического состояния городской среды являются одной из актуальнейших экологических и санитарно-гигиенических проблем г. Томска [4]. Для более детального анализа причин выявления повышенных концентраций ртути на территории города Томска необходимо проведение дополнительных измерений ее содержания как в пробах почво-грунтов, так и в воздухе и воде.

### Литература

1. Буренков Э.К., Янин Е.П.//Эколого-геохимические проблемы ртути. Москва – 2000.
2. Рихванов Л.П., Нарзулаев С.Б., Язиков Е.Г. и др. Геохимия почв и здоровье детей Томска. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1993 - 142 с.
3. Ртуть в окружающей среде Сибири: оценка вклада природных и антропогенных источников. Новосибирск: СО РАН, 1995. 30 с.

4. Экологический мониторинг. Состояние окружающей среды Томской области в 2001 году.- Управление охраны окружающей среды и ОГУ "Облкомприрода" Администрации Томской области. Томск: Дельтаплан, 2002. –С.318.
5. Газоанализатор ртутный РГА-11. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. АМЯ 2.770.001.Томск, КТИ "Оптика", 1990.
6. Проблемы экологической безопасности (сообщение UCS-INFO.547, 10 января 200 г.). Токсичные металлы. Н.Р. Машьянов, "Минерал", N 1, 1999 г., с.5-64.
7. Ртуть. Комплексная система безопасности. Сборник материалов III-й научно-технической конференции. С-П 1999. с.26, 125.
8. Эколога-геохимические проблемы ртути. Москва-2000 г. С.161.
9. И.Н. Росновский. Устойчивость почв в экосистемах как основа экологического нормирования. Томск. Издательство ИОА СО РАН 2001.
10. Т.Г. Лапердина. Определение ртути в природных водах. "Наука" Новосибирск 2000.

## **CONCENTRATION OF MERCURY IN SOILS OF TOMSK**

Lyapina Elena E., Golovatskaya E. A.

*The man deep and strong influences on the environment during process of economic activity. The consequences of this influence often have a negative character. The negative changes in the nature are become clearly apparent in the last decade of XX century. The population of a large city is subjected to the influence of complex factors of anthropogenic contamination of the environment. Soil is an indicator of geochemical situations in the landscape. The mercury and its compounds are high toxic material and according to the modern classification regard to 1<sup>st</sup> class of danger. Tomsk is large industrial, economical and intellectual regional centre with population more than 500 thousand. The basic sources of the ecological danger in Tomsk are the transport, heat-and-power engineering, woodworking, chemical and food industries.*