

Сибирский центр климато-экологических систем и образования

УДК 550

УТВЕРЖДАЮ

Директор, д.ф.м.н., профессор

_____ Гордов Е.П.

«_____» _____ 2007 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Содержание ртути в приземном слое атмосферы г. Томска

Государственный контракт № 02.517.11.9011

в рамках ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития
научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы

Научный руководитель

подпись, дата

Е. Е. Ляпина

Томск 2007

СПИСОК ОСНОВНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель,

Ляпина Е.Е.

м.н.с.

подпись, дата

Исполнители темы

н.с., к.б.н.

Головацкая Е.А.

подпись, дата

РЕФЕРАТ

Отчет 18 с., 1 ч., 3 рис., 1 табл., 20 источников, 0 прил.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ВОЗДУХЕ

В отчете представлены результаты исследования содержания ртути в приповерхностном слое воздуха.

Цель работы: исследование закономерностей распределения ртути в городском воздухе в зависимости от времени года.

Основные результаты работы заключаются в следующем:

Получены данные по содержанию ртути в воздухе города Томска в зимний и летний периоды. Проведена оценка пространственного распределения концентраций ртути по территории г. Томска.

Выявлено, что в г. Томске формирование ореолов рассеяния ртути связано с деятельностью ряда промышленных предприятий, а также с микрорельефом города и преобладающим направлением ветров. Существенным источником поступления ртути в среду города может являться деятельность ГРЭС-2, шпалопропиточного, радиотехнического, электромеханического заводов, ООО Эмальпровод, а также автотранспорт.

Содержание

Введение	5
1. Ртуть в окружающей среде	5
2. Объекты и методы исследования	9
3. Результаты исследования	12
Заключение	16
Список использованных источников	16

Введение

Загрязнение окружающей среды и вызванное им резкое ухудшение экологической обстановки является одной из актуальнейших проблем современности [1].

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. В общей структуре загрязнений значительная роль принадлежит ртути [2].

В настоящее время имеется заметное количество публикаций, посвященных рассмотрению особенностей и процессов загрязнения окружающей среды ртутью. Анализ информационных изданий показывает, что ртуть является одним из наиболее изучаемых в связи с техногенным воздействием поллютантов. Достаточно подробно рассмотрены вопросы, касающиеся ее глобального распространения, миграции и трансформации в среде обитания, особенно, в связи с ее поступлением в атмосферу. Существенное количество работ посвящено изучению метаболизма ртути в живых организмах и оценке опасности ее воздействия на человека и т.д. [3].

1. Ртуть в окружающей среде

Поступление ртути в окружающую среду происходит как в результате естественных процессов (образование аномально обогащенного Hg морского и вулканического аэрозоля, выветривание почв и горных пород), так и антропогенных выбросов [4].

В атмосферу ртуть поступает в результате дегазации земной коры, для континентальных шельфов это поступления составляет $49 \cdot 10^{-6}$ г/м³ в год, а для океанов и полярных районов эта цифра значительно ниже – $4,6 \cdot 10^{-6}$ г/м³

в год. Благодаря денудации и эрозии ртуть с частицами почвы и породы в рассеянном виде попадает в водную среду, откладывается в аллювиальных отложениях и выносится в океаны [5].

Распределение и миграция ртути в окружающей среде осуществляются в виде круговорота двух типов. Во-первых, глобального круговорота, включающего циркуляцию паров ртути в атмосфере (от наземных источников в Мировой океан и наоборот). Во-вторых, локального круговорота, основанного на процессах метилирования неорганической ртути, поступающей, главным образом, из техногенных источников. Многие этапы локального круговорота еще недостаточно ясны, но полагают, что он включает циркуляцию в среде обитания диметилртути. Именно с круговоротом второго типа чаще всего связано формирование опасных с экологических позиций ситуаций [1, 6, 7].

Ртуть и ее соединения (сульфиды, хлориды, оксиды) находят широкое применение в народном хозяйстве. Прежде всего, это использование ртути в качестве катализатора в производстве различных полимеров, электроприборов, в электрическом производстве хлорной и каустической соды, в металлургии в производстве красок, бумаги, косметики, медицинских препаратов, фунгицидов и инсектицидов и т.д. Мировое производство ртути в течение длительного времени возрастало и за последнее столетие составило 800 тыс. т (1998 г.), из которых около половины превращается в отходы, загрязняющие окружающую среду. Ртуть является обязательным компонентом многих типов руд цветных, редких и благородных металлов. В процессе их добычи, обогащения и металлургического передела она высвобождается в окружающую среду [8]. Значительное диффузионное загрязнение вызывает сжигание угля, а также отходы горнодобывающей промышленности, шахтные воды, цементное производство. Около половины производства металлической ртути ежегодно теряется. Около 4 тыс. т ртути ежегодно теряется при выплавке руд цветных металлов. Кроме того, значительны неучтенные количества ртути в несанкционированных свалках

производств каустической соды, электрических источников электроэнергии, а также потери ртути из разбитых термометров и люминесцентных ламп. Список предприятий, при функционировании которых осуществляется эмиссия ртути в окружающую среду, достаточно широк. Можно выделить несколько основных групп отраслей промышленности, объемы эмиссии ртути, от работы которых представляют несомненную опасность для окружающей среды:

- 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 [9, 6, 1].

Ртуть является одним из наиболее токсичных элементов. Она определена как элемент 1 класса опасности во всех природных средах (табл. 1) [3]. Ртуть обладает разнообразием токсических проявлений в зависимости от формы соединения, путей поступления, дозы и индивидуальных особенностей организма. Токсическими свойствами обладают и ее

неорганические и органические соединения. Действие ртути распространяется на все формы жизни, в том числе и на человека. Токсичность ртути и ее соединений для живых организмов известна с древности [4, 5].

Таблица 1

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) ртути.

Объект	Единицы измерения	Нормативы (ПДК, ДОК)
Воздух рабочей зоны (ПДК)	Мкг/м ³	
среднесменная		5
максимальная разовая		10
атмосферный воздух населенных мест		0,3
Вода водоемов	Мг/кг	
хоз.-питьевого назначения		0,5
рыбохозяйственных		0,01
морских		0,1
Почвы	Мг/кг	
ПДК		2,1
Пищевые продукты	Мг/кг (мг/л)	
рыба		0,5
мясо		0,03
молоко и молочные продукты		0,005
зерно продовольственное		0,03
хлеб и хлебобулочные изделия		0,015
овощи		0,02
фрукты		0,01
соки		0,02
напитки		0,005

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. Средняя величина периода полувыведения ртути из организма человека составляет 76 дней [10, 11, 12].

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 40 – 80 нг/м³, в районах крупных ртутных месторождений – до 240 нг/м³, в районах газовых месторождений – до 70000 нг/м³, в то время как среднее содержание ее в атмосфере 10-15 нг/м³. 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 [13].

Как известно, в геохимических циклах ртути большую роль играет ее атмосферный перенос. Судя по литературным данным, значительная часть ртути из техногенных источников загрязнения поступает в атмосферу и может переноситься на гигантские расстояния. Из атмосферы ртуть в газообразной, аэрозольной форме или с осадками выпадает на земную поверхность [3, 5, 7, 9].

2. Объекты и методы исследования

Город является источником многокомпонентного и интенсивного воздействия на составляющие окружающей среды: воздух, почву, воду, биоту. Техногенные геохимические изменения атмосферы и загрязнение наземных экосистем города – один из наиболее актуальных вопросов для этой территории. Пылегазовые выбросы и отходы многих источников загрязнения приводят к поступлению и распространению ртути в атмосфере промышленных городов, к загрязнению воздуха и ее концентрированию в различных компонентах наземных ландшафтов [14].

Для определения ртути в природных объектах и искусственных материалах используются различные приборы, в основе которых лежат физические и химические методы анализа: атомная абсорбция и флуоресценция, химические, спектральные, гравиметрические, электрохимические, рентгеновские, масс-спектрометрические и другие. В нашей стране широкое применение получили спектрофотометрические методы: атомная флуоресцентная спектрометрия и особенно атомная абсорбция (метод холодного пара, беспламенный метод, метод по Зееману) [15]. Определение содержания ртути в атмосферном воздухе проводилось ртутным газоанализатором РГА-11 методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Предел обнаружения составляет 0,1 нг/г, погрешность определения 30% [16].

Измерения концентрации ртути в воздухе проводились в центрах квадратов, на которые условно была разбита наиболее густо населенная часть города Томска, всего 31 точка. Время экспозиции 3 минуты. Методика определения содержания ртути в воздухе [16] была разработана в Институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН. По полученным усредненным данным построены карты распространения ртути в приземном слое атмосферного воздуха в августе 2006 и феврале 2007 годов.

Основным источником поступления ртути в атмосферу городов являются промышленные предприятия цветной металлургии, химической промышленности, предприятия по производству соединений ртути, электротехнической и электронной промышленности. А так же, предприятия, добывающие и перерабатывающие руды различных металлов и углеводородов, производящие цемент и флюс для металлургической промышленности [17, 18, 19].

В воздухе ртуть подвергается различным превращениям с изменением валентности и растворимости. Например, тепло- и электростанции выбрасывают ртуть преимущественно в нерастворимой форме в составе твердых частиц. Однако в ходе атмосферного переноса происходит

постепенное ее выщелачивание из минеральной алюмосиликатной матрицы и переход в ионную водорастворимую форму [4].

Томск – крупный промышленный, экономический и интеллектуальный областной центр с населением более 500 тысяч человек. Наличие в пределах городской черты крупных промышленных предприятий: Сибирского Химического Комбината (СХК); 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 [20].

Г. Томск, в сравнении с большинством городов Западной Сибири, близких по численности населения, характеризуется относительно невысоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха (для сравнения индекс суммарного загрязнения для Томска – 9,5, Кемерово – 31,94, Новокузнецка – 61,04). Загрязнение по площади крайне неравномерно. Предприятиями города и автотранспортом в атмосферный воздух выбрасывается более 250 загрязняющих веществ [20].

К основным источникам экологической опасности г. Томска относятся производственные объекты теплоэнергетики, транспорта, стройиндустрии, деревообработки, химической и пищевой промышленности [20].

В городе насчитывается около 5,5 тыс. стационарных источников загрязнений атмосферы, принадлежащих 194 промышленным предприятиям [20].

К первой категории опасности относится ГРЭС-2 и автотранспорт. 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).

Одна из основных причин высокой доли выбросов от автотранспорта в общем объеме выбросов загрязняющих веществ – низкая пропускная способность дорожной сети города. Основной вклад в объем выбросов от стационарных источников вносят предприятия теплоэнергетической отрасли (около 60%), химической и нефтехимической, жилищно-коммунальной и деревообрабатывающей.

Высокое загрязнение пылью наблюдается обычно при штилевой погоде в бесснежное время года в центральной части города и под факелом выбросов ГРЭС-2, который зачастую ложится на долину р. Ушайка.

3. Результаты исследований

Разовые измерения концентраций ртути в воздухе в зимний и летний периоды показали наличие зон, в которых отмечается превышение предельно допустимых концентраций (далее ПДК = 300 нг/м³) в 2-4 раза.



Рис.1 Содержание ртути в воздухе г. Томска, нг/м^3 , конец августа, начало сентября 2006 г.

Повышенное содержание ртути в воздухе в августе отмечается в районе улицы Сибирская, ГРЭС-2, мкр-на Черемошники (пер. Донской), т.е. в районах повышенных нагрузок на автомагистрали и зоной влияния ГРЭС-2. Кроме того, от ул. Ленина, Кирова, Нахимова, Комсомольский пр. отмечается увеличение содержания ртути вплоть до максимального ее значения - 1333 нг/м^3 в районе пл. Южной.

Наиболее чистыми можно считать район ул. Пушкина, Иркутский тракт, Академгородок.

Районы повышенных концентраций ртути в атмосферном воздухе можно связать с наиболее загруженными автомагистралями, а также с расположением многих промышленных предприятий в центральной части города, таких как Электроламповый, Радиотехнический, Электромеханический, а так же затрудненной циркуляцией воздуха из-за

особенностей застройки кварталов. Так же это объясняется преобладающим направлением ветра в дни проведения замеров.

Зимой происходит смещение основных центров повышенных концентраций ртути на северо-восток. Так, максимальная концентрация Hg отмечена в феврале 2007 года в районе пос. Восточный, зона влияния ГРЭС-2.

В продуктах горения угля около 20 – 50% находится в виде элементарной ртути ($\text{Hg}(0)$), а около 50 – 80% - $\text{Hg}(+2)$ в виде HgCl . 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 С, 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 форму [16, 19].

Кроме того, отмечены районы, где концентрация ртути превышает ПДК в 3 раза, это Улица Яковлева, пер. Донской. Такие концентрации ртути можно объяснить наличием загруженных автомагистралей, преобладающим направлением ветров. Также можно отметить зависимость между повышенными значениями концентраций ртути и районами города, которые находятся в понижениях микрорельефа.

Относительно чистыми может считаться Кировский и Октябрьский районы, а также Академгородок.

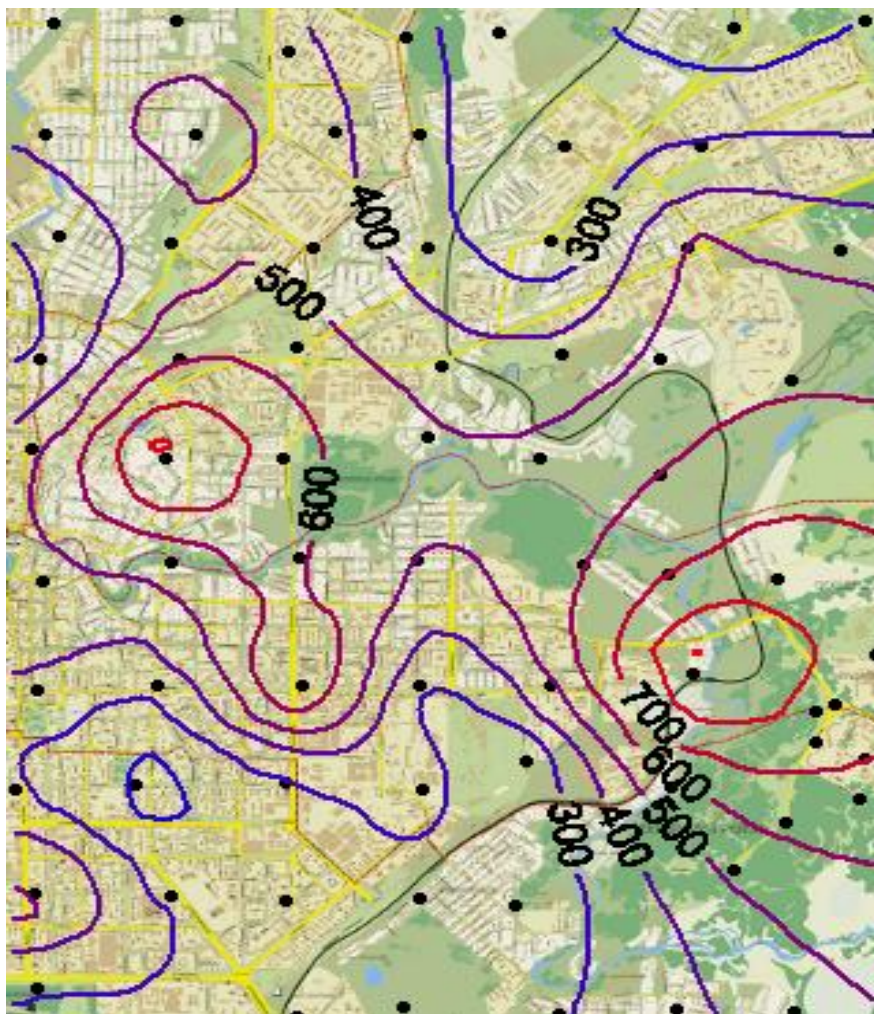


Рис. 2. Содержание ртути в воздухе г. Томска, нг/м^3 , конец февраля 2007 г.

Сравнивая обе карты (рис.3), можно сделать вывод о наличии районов повышенных концентраций ртути вне зависимости от времени года - это мкр. Черемошники, пос. Восточный, Иркутский тракт, пр. Ленина, ул. Нахимова, пр. Кирова и Комсомольский тракт. В августе содержание ртути превышает ПДК в 4 раза, тогда как в феврале в 3 раза. Это связано с вторичным загрязнением воздуха в летние месяцы, вызванным эмиссией ртути с поверхности почвы.

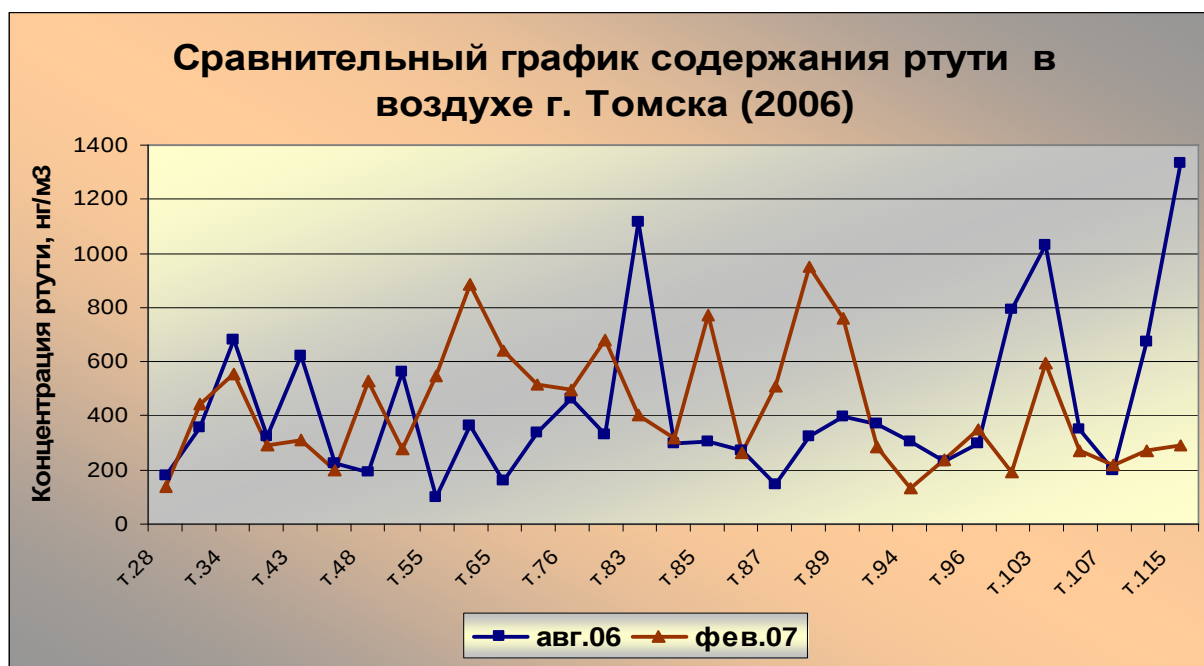


Рис. 3. Сравнительный график содержания ртути в воздухе г.Томска (2006)

Заключение

В результате проведенного исследования содержания ртути в воздушной среде г. Томска выявлены центры с повышенными концентрациями ртути в несколько раз превышающими ПДК для воздуха жилой зоны, но значительно ниже по сравнению со среднесменной ПДК воздуха рабочей зоны.

В г. Томске формирование ореолов рассеяния ртути связано с деятельностью ряда промышленных предприятий, а также с микрорельефом города и преобладающим направлением ветров. Существенным источником поступления ртути в среду города может являться деятельность ГРЭС-2, шпалопропиточного, радиотехнического, электромеханического заводов, ООО Эмальпровод, а также автотранспорт.

Список использованных источников

1. Янин Е.П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. Москва 1992. С. 3-63.
2. Экология города. Москва. Научный мир 2004. С. 5-53, 103-217, 234-363, 490-539.

3. Фомин Б.Н., Николишин И.Я. и др. Экспериментальная проверка гипотезы о транспирации металлов растениями. – В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем.- Л.: Гидрометеиздат, Т. XII.- 1989.- С. 251-258.
4. Исидоров В.А. Введение в экохимическую токсикологию: Учебное пособие.-СПб: Химииздат, 1999.-с.63-67, 75-81.
5. Янин Е.П. Промышленная пыль в городской среде. Москва 2003. С. 3, 36-41, 46, 53, 61-62, 64.
6. Лапердина Т.Г. Определение ртути в природных водах. “Наука” Новосибирск 2000.
7. Иванов В.В. «Экологическая геохимия элементов». Справочник. М «Экология», 1997. –с. 497-562.
8. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах. М.: Изд-во МГУ, 1985. 208 с.
9. Ртуть в окружающей среде Сибири: оценка вклада природных и антропогенных источников. Новосибирск: СО РАН, 1995. 30 с.
10. 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.
11. Буренков Э.К., Янин Е.П.//Эколого-геохимические проблемы ртути. Москва – 2000.
12. Емельянов А.Г., Тихомиров О.А. Основы региональной геоэкологии. Учебное пособие. Тверь 2000. с. 3.
13. www.ecotrom.ru
14. Эколого-геохимические проблемы ртути. Москва-2000 г. С.161.
15. Антипов А.Б., Генина Е.Ю., Головацкий Ю.А. Техника и результаты ртутного мониторинга окружающей среды. «Оптика атмосферы и океана» 2002, Т. 15, №1, с. 81-87.
16. Газоанализатор ртутный РГА-11. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. АМЯ2.770.001 ТО. 1992. 41 с.

17. Ртуть. Комплексная система безопасности. Сборник материалов III-й научно-технической конференции. С-П 1999. с.26, 125.

18. Янин Е.П. Добыча и производство ртути в СНГ как источник загрязнения окружающей среды. Сборник научных статей “Эколого-геохимические проблемы ртути” Москва 2000. с 56.

19. Эколого-геохимические проблемы ртути. Москва-2000 г. С.161.

20. Экологический мониторинг. Состояние окружающей среды Томской области в 2005 году / ред. А.М. Адам / Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды, ОГУ «Облкомприрода» Адм. Томской области – Томск: Дельтоплан, 2004. – 204 с.