

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки:05.03.06. «Экология и природопользование»  
Кафедра геоэкологии и геохимии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Влияние геоэкологических обстановок регионов России на биоаккумуляцию ртути в растениях семейства «Рясковые»</b>

УДК 55:502.4:504.4:546.49(47+57)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Г21	Максимова Анна Юрьевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ГЭГХ	Барановская Н.В.	д. б. н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭПР	Цибулькинова М.Р.	к. г. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Крепша Н.В.	к. г. -м. н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ГЭГХ	Язиков Е.Г.	д.г.-м. н., профессор		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт природных ресурсов  
 Направление подготовки: 05.06.03 Экология и природопользование  
 Кафедра геоэкологии и геохимии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_ Язиков Е.Г.  
 (Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>Бакалаврской работы</b>
----------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2Г21	Максимова Анна Юрьевна

Тема работы:

Влияние геоэкологических обстановок регионов России на биоаккумуляцию ртути в растениях семейства «Рясковые»
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Данные аналитических исследований водных растений семейства Рясковые из 46 регионов России; информация из литературных источников.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Растения семейства Рясковые как биогеохимически важный объект исследования</li> <li>2. Общая характеристика ртути</li> <li>3. Геоэкологическая ситуация на территории РФ</li> <li>4. Методика исследования</li> <li>5. Специфика концентрирования ртути растениями семейства Рясковые на территории РФ</li> <li>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>7. Социальная ответственность в организации при оценке влияния геоэкологических обстановок регионов России на биоаккумуляцию ртути в ряске</li> </ol>
<b>Перечень графического материала</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схема цикла ртути в биосфере</li> <li>2. Карта-схема источников ртути на территории</li> </ol>

	РФ 3. Карта-схема фактического материала 4. Общая схема исследования растительных проб 5. Карта-схема соотношения пространственного распределения концентрации ртути в ряске с источниками ртути на территории РФ 6. Карты характеризующие экологическую ситуацию России
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Цибулькинова Маргарита Радиева
Социальная ответственность	Крепша Нина Владимировна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Наталья Владимировна	д. б. н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Г21	Максимова Анна Юрьевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ  
ВЛИЯНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК РЕГИОНОВ РОССИИ НА  
БИОАККУМУЛЯЦИЮ РТУТИ В РАСТЕНИЯХ СЕМЕЙСТВА РЯСКОВЫЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Г21	Максимова Анна Юрьевна

<b>Институт</b>	<b>Институт природных ресурсов</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Геоэкологии и геохимии</b>
<b>Уровень образования</b>	бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	05.03.06 Экология и природопользование

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона)</p>	<p>Исследовался биологический материал, растение в воздушно-сухом состоянии Рабочая зона представляет закрытое сухое помещение с хорошими условиями освещенности. В помещении установлено 3 ЭВМ, где происходит обработка данных и выполнение исследовательской работы анализатором ртути РА-915+ с приставкой ПИРО- 915+, на котором производилось определение валового содержания ртути в растении. Помещение оснащено вентиляционной системой, имеется естественное и искусственное освещение. Методика определения валового содержания ртути в твердом веществе осуществляется по общепринятым методикам</p>
--	--

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p><b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности;</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности;</p>	<p>Работы ведутся в помещении с нормальным уровнем освещенности (люминесцентные лампы с суммарным уровнем освещенности не ниже 300 люкс в соответствии со СНиП 23-05-95, а также естественное освещение).</p> <p>При выполнении работ на ПЭВМ и ртутном анализаторе, возможно короткое замыкание электропроводок. В связи с этим в электрическую цепь устанавливают автоматические выключатели, имеющие необходимые механизмы разрыва</p>
---	---

	(электромагнитный, тепловой и расцепители), а также в помещении имеется огнетушитель.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Разработан ряд действий в результате возникновения пожара и мер по ликвидации его последствий. В помещении имеется системы вентиляции для отвода избыточной теплоты от ЭВМ, углекислотный огнетушитель (ОУ-3-ВСЕ); система автоматической противопожарной сигнализации, разработан план эвакуации.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Крепша Нина Владимировна	к.г.-м.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Г21	Максимова Анна Юрьевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Г21	Максимова Анна Юрьевна

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ГЭГХ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	05.03.06 Экология и природопользование»

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих;</i></li> <li>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов;</i></li> <li>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.</i></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литературные источники;</li> <li>2. Методические указания по разработке раздела;</li> <li>3. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы (ССН), выпуск 2 «Геолого-экологические работы»;</li> <li>Сборник сметных норм (ССН), выпуск 7А «Лабораторные исследования при геолого-экологических работах».</li> </ol>
---	---

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>2. Расчёт затрат времени и труда по видам работ;</li> <li>3. Нормы расхода материалов;</li> <li>4. Общий расчёт сметной стоимости.</li> </ol>
--	---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень,</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Цибулькикова М.Р.	Доцент, к.г.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Г21	Максимова А.Ю		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 7 глав, заключения. Литература содержит 120 названий. Объем работы 89 страницы машинописного текста, включая 23 таблицы и 15 рисунков.

Ключевые слова: ряска, водная экосистема, ртуть, биоаккумуляция, биоиндикатор, Россия, природные и техногенные источники ртути, атомно-абсорбционная спектрометрия, нейтронно-активационный анализ.

Объектами данных исследований являются растения семейства Рясковые, произрастающие в пресноводных водоемах, располагающихся в 46 регионах Российской Федерации.

Цель работы: определение влияния геоэкологических характеристик регионов России на биоаккумуляцию ртути в растениях семейства Рясковые.

В процессе исследования проводилось определение химического состава проб водного растения семейства Рясковые, определение пространственного взаимоотношения концентрации ртути в растениях с ее источниками на территории России, детальное изучение Томского района и геохимических особенностей Томской области. Всего было проанализировано 183 пробы ряски. Все полученные данные обрабатывались в программах Microsoft Excel, Microsoft Office Word, STATISTICA и CorelDRAW. Полученные данные могут быть использованы для общей оценки закономерности накопления ртути наиболее типичными представителями водной экосистемы, растениями семейства Рясковые, на территории России, для установления связей между потенциальными источниками ртути и валовым содержанием ее в ряске, определения степени влияния геоэкологической ситуации на биоаккумуляция ртути в локальных районах (Томский район).

## Оглавление

Введение.....	10
Глава 1. Растения семейства Рясковые как биогеохимически важный объект исследования.....	12
1.1 Биолого-морфологическая характеристика растений семейства Рясковые.....	12
1.2 Биогеохимическая изученность растений семейства Рясковые.....	12
Глава 2. Общая характеристика ртути.....	16
2.1 Физическо-химическая характеристика ртути.....	16
2.2 Токсикологические свойства ртути.....	17
2.3 Нахождение и уровни содержания ртути в природе.....	19
2.4 Содержание ртути в природе в природных водах.....	22
2.5 Содержание ртути в гидробионтах.....	25
Глава 3. Геоэкологическая ситуация на территории Российской Федерации....	28
3.1 Природные источники ртути на территории Российской Федерации.....	29
3.2 Техногенные источники ртути на территории Российской Федерации.....	30
Глава 4. Методика исследования.....	37
4.1 Отбор проб растений семейства Рясковые.....	37
4.2 Методика аналитических исследований.....	38
4.3 Характеристика участков исследования.....	41
Глава 5. Специфика концентрирования ртути растениями семейства Рясковые на территории Российской Федерации.....	46
Глава 6. Социальная ответственность в организации при определении влияния геоэкологических обстановок регионов России на биоаккумуляцию ртути в растениях семейства Рясковые.....	61
6.1 Профессиональная социальная безопасность.....	62
6.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	62
6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	65
6.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	67

Глава 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	70
7.1 Техничко-экономическое обоснование продолжительности и объема работ.....	71
7.2 Расчет затрат времени и труда по видам работ .....	71
7.3 Нормы расхода материала.....	73
7.4 Расчет затрат на подрядные работы.....	73
7.5 Общий расчет сметной стоимости .....	73
Заключение .....	75
Список использованной литературы.....	77

## Введение

Вопросы о ртути и ее соединениях, которые, как общепризнано, являются одними из наиболее опасных экотоксикантов, их трансформация и миграция в окружающей среде в связи с различными техногенными и природными процессами являются едва ли не центральными в проблемах химии и экогеохимии тяжелых металлов.

Одним из важнейших вопросов является загрязнение окружающей среды ртутью, который получил огромный резонанс после всем известной трагедии на о. Кюсю, в префектуре Минамата, в 60-х годах XX столетия. В настоящее время можно уверенно говорить, что проблема миграции и концентрации ртути имеет мировой характер.

Ртуть, поступая в атмосферу с промышленными выбросами, в результате сгорания различных видов топлив, с пылью, поднятой ветром, продуктами вулканической деятельности, переносится воздушными потоками на большие расстояния и оседает на поверхности Земли, с поверхностным стоком поступает в реки, озера и моря. При этом, около 80% всей ртути «задерживается» именно на водосборах - в реках, ручьях, озерах или в заболоченных районах. Но, не смотря на такой внушительный процент, компоненты водной среды относительно концентрации ртути изучены не достаточно, особенно автотрофные организмы.

Данные по накоплению ртути в водной растительности на территории России немногочисленны, большое внимание сейчас уделяется именно животным, преимущественно рыбам. Такое положение не дает реального представления о содержании данного металла в звеньях трофических сетей, а также не может дать объективную характеристику состояния водной экосистемы.

В большинстве случаев использование прямых методов анализа химического состава поверхностных вод в определении широкого круга элементов, в том числе и ртути, весьма затруднительно, в связи с их малой концентрацией на фоне веществ минерального и органического

происхождения. Для ртути, как и многих других микроэлементов, количественное определение концентрации в биообъектах позволяет создать более объективное представление о распространенности микроэлементов в водной среде.

При этом возникают определенные требования к биоиндикатору: он должен чутко реагировать на изменение микроэлементного состава окружающей среды, он должен быть космополитом, желательно легко отбираться, долго храниться. Всеми вышеперечисленными свойствами обладают растения семейства Рясковые, которые относятся к гидрофитам и обитают на границе двух сред «вода-воздух». На данное водное растение как биогеохимически значимый объект для мониторинга еще в 30-е годы обратили внимание ученые лаборатории БИОГЕЛ.

Целью работы является определение влияния геоэкологических характеристик регионов России на биоаккумуляцию ртути в растениях семейства Рясковые.

Задачи данной работы заключаются в изучении особенностей накопления ртути в растениях семейства Рясковые и соотношении пространственного распределения концентрации микроэлемента в исследуемом макрофите с его источниками на территории РФ.

Объектами данных исследований являются растения семейства Рясковые, произрастающие в пресноводных водоемах, располагающихся в 46 регионах Российской Федерации.

## **Глава 1. Растения семейства Рясковые как биогеохимически важный объект исследования**

### ***1.1. Биолого-морфологическая характеристика растений семейства***

#### ***Рясковые***

Рясковые (Lemnaceae) - это водные, свободно плавающие или погруженные, большей частью многолетние растения.

Рясковые - это растения космополиты, которые распространены по всей Земле, за исключением жарких сухих пустынь и холодных полярных областей. Около половины из 30 видов семейства обитают в тропиках и субтропиках, остальные - в умеренном поясе. Вегетативное тело рясок по виду напоминает крошечный плавающий лист [1].

Растения не имеют ассимилирующий лист, только зачаточный.

Данное семейство представляет очень древнюю группу растений. Так, несмотря на глубокую древность и на повсеместное распространение, ряска не изменила своей формы благодаря бесполому размножению [2].

У большинства видов система вегетативных органов представлена толстой, зеленой пластинкой или крохотным зеленым комочком. Пластинка – это орган приспособленным к фотосинтезу и испарению.

Генеративная часть (зачаточный стебель) слабо дифференцируется на стержень и точку роста, меристемную часть производящую побеги, корни и цветки. Стебель отсутствует.

Чаще всего период вегетации данного семейства ограничивается летним временем года [2].

### ***1.2. Биогеохимическая изученность растений семейства Рясковые***

Одними из первых, кто обратили внимание на растения сем. Рясковые, как объект биогеохимических и эколого-геохимических исследований, были сотрудники Биогеохимической лаборатории (ныне Институт РАН геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского).

Не менее важна работа Б.К. Бруновского и Г.К.Кунашевой о концентрации радия некоторыми видами растений семейства Рясковые,

выполненная в Государственном радиевом институте (ныне Радиевый институт им. В. Г. Хлопина и в Биогеохимической лаборатории, Институт РАН геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского).

Было установлено, что растения данного семейства могут брать радий только из воды, в которой они произрастают. Отношение количественного содержания радия в воде к такому же содержанию радия в живом растении даст меру концентрации радия во время жизни организма, если она происходит [3]. Это подтверждается полученными, Бруновский Б.К. данными, представленным в таблице 1.2.1.

*Таблица 1.2.1.. Содержание радия в воде из Оранжевого пруда в Петергофе, произрастающей на ней ряски[46]*

Год взятия пробы	Вода	Концентрация радия, %	Виды семейства Рясковых	Концентрация радия в %
1927	поверхностная проба	$6,8 \cdot 10^{-13}$	смесь <i>Lemna minor</i> и <i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid	$3,9 \cdot 10^{-11}$
1928	глубинная проба	$8,8 \cdot 10^{-13}$	<i>L. minor</i>	$9,4 \cdot 10^{-12}$ (92,1% воды)
1928	поверхностная проба	$6,8 \cdot 10^{-13}$	<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid	$3,9 \cdot 10^{-11}$ (91,15% воды)

В предельном случае содержание радия в живом организме в 56,5 раза больше количества его в воде.

Авторами было также предположено, что различные виды растения семейства Рясковые концентрируют из воды разные количества радия, находясь при это в одном и том же биоценозе.

Данная работа продолжалась другими участниками Биогеохимической лаборатории, так для *Lemna minor* (с примесью *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid) Петергофских прудов эта концентрация в гидробионте по отношению к воде достигает 13,7-47 раз, для *Lemna gibba* L. и *Lemna trisulca* L. из окрестностей Киева – от 200 до 477 раз. Также были приложены усилия для определения причин такой специфики накопления, который мог быть связан либо с

биологический фактором – влиянием данного вида растения или же с биолого-геохимическим разным характером воды и физико-географических условий [4]. К сожалению, запланированные работы не были осуществлены.

Первая попытка дать более полное описание химического элементарного состава рясок выполнена в 1929 г. Данная работа проводилась группой ученых Биогеохимической лаборатории под руководством В.И.Вернадского [5]. Путем систематических анализов была попытка установить насколько химический состав организмов может быть характерным для данного вида, подобно его морфологической структуре, насколько он постоянен в среднем, колеблясь в строго определенных пределах.

Изучение биогеохимических явлений ясно указывает, что химический элементарный состав должен являться важным систематическим признаком для линневских видов и подвидов, для чистых линий, для элементарных видов и т.п. [5].

В 1926 г. было поставлено непрерывное систематическое изучение химического состава растений семейства Рясковые по определенной программе. Было изучено четыре вида данного семейства, а так как на то время было установлено, что географическая изменчивость морфы в ряде случаев выражается в изменении химического состава организмов, сборы проб проводились в двух различных местах, а именно в районе Петергофа и в районе г. Киева. Полученные данные представлены в таблице 1.2.2.

*Таблица 1.2.2. Химический элементарный состав видов Lemnaceae, выраженный в % атомов [5]*

Элементы	Spirodela polyrrhiza (L.) Schleid	Lemna minor	Lemna trisulca	Lemna gibba
	Петергоф, 1928	Петергоф, 1929	Киев, 1929	Киев, 1929
H	66	65,6	64,9	66,48
O	31,64	32,2	31,99	31,88
C	2	1,6	2,63	1,37
N	$1,4 \cdot 10^{-1}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$2,0 \cdot 10^{-1}$	$1,54 \cdot 10^{-1}$
Ca	$1,9 \cdot 10^{-1}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$4,9 \cdot 10^{-1}$
K	$4,8 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$4,1 \cdot 10^{-2}$	$4,7 \cdot 10^{-2}$
Cl	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$5,2 \cdot 10^{-2}$
Mg	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$1,86 \cdot 10^{-2}$	$1,38 \cdot 10^{-2}$

Элементы	Spirodela polyrrhiza (L.) Schleid	Lemna minor	Lemna trisulca	Lemna gibba
	Петергоф, 1928	Петергоф, 1929	Киев, 1929	Киев, 1929
P	$9,2 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,67 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$
Na	$8,4 \cdot 10^{-3}$	$9,4 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$
S	$7,8 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$6,9 \cdot 10^{-2}$
Si	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$40,1 \cdot 10^{-3}$	$8,9 \cdot 10^{-3}$	$1,13 \cdot 10^{-2}$
Mn	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Fe	$7,2 \cdot 10^{-4}$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$5,7 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$

Были получены немаловажные выводы относительно наработанного материала за ряд лет. Во-первых, состав *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid и *Lemna minor*, судя по элементам в «золе», очень близки, тогда как состав *Lemna trisulca* и *Lemna gibba* от них несколько отличны, но находится в пределах своих колебаний, не выходя за пределы общие порядки нахождения того или иного элемента в Lemnaceae. Например, было выяснено, что *Lemna trisulca* значительно богаче Mn, чем другие виды. Содержание Mn, по полученным результатам, является преобладающим над Fe у всех видов Lemnaceae [5].

## Глава 2. Общая характеристика ртути

Среди многочисленной группы поллютантов особое место занимает ртуть, обладающая уникальными экогеохимическими и экотоксикологическими свойствами, обусловленные ее вездесущностью, разнообразием форм нахождения и спецификой их трансформации в природных условиях, повышенной возможностью распределения и биопереноса в окружающей среде, а также широким и разносторонним спектром негативных воздействий на живые организмы и их популяции [6].

### *2.1. Физическо-химическая характеристика ртути*

Ртуть является элементом группы 26 Периодической системы Д.И.Менделеева. Ее атомный номер 80, атомная масса 200,59 [7]. В природе существует семь стабильных изотопов с атомными массами 196 (0,15%), 198 (10,12%), 199(17,04%), 200 (23,13%), 201 (13,18%), 203 (29,8%), 204 (6,72%) [8].

Ртуть – серебристо-белый металл, обладающий низкой температурой плавления и поэтому находится в жидком состоянии при комнатной температуре. Температура кипения относительно низка и составляет 356,66°С при 760 мм рт.ст, поэтому давление ее насыщенных паров при комнатных температурах весьма высоко: 0,0710; 0,1729 и 0, 3968 Па при 10,20 и 30°С соответственно [9].

Ртуть – единственный элемент, кроме благородных газов, который образует одноатомные пары при комнатной температуре.

Ртуть обладает комплексом физико-химических свойств, таких как: текучесть, однородное объемное расширение в весьма широком интервале температур, высокое поверхностное натяжение и несмачиваемость стеклянных поверхностей, что позволяет использовать ее в различных измерительных приборах (термометрах, барометрах, манометрах).

Обладая низкой электропроводностью и высокой теплопроводностью, ртуть является превосходным электропроводником и холодильным теплоносителем, а также применяется в качестве защитного агента от атомной радиации вследствие способности абсорбировать нейтроны [10].

Ртуть как и другие элементы 2б группы – цинк и кадмий, относятся к переходным металлам. Для ртути характерны соединения, в которых ртуть электрохимически одновалентна. Однако во всех соединениях содержится группировка атомов  $Hg_2^{2+}$ , где оба атома ртути двухвалентны и одна валентность каждого атома затрачивается на связь с другим.

Более подробная информация о физических, химических, токсикологических свойствах ртути и ее соединений содержится в ряде монографий и обзоров [11-17].

## **2.2. Токсикологические свойства ртути**

Токсичность ртути известна еще с древности. Так прошлые века появилось символическое название «болезнь сумасшедшего шляпника», которая возникла при тяжелых нервно-психологических нарушениях здоровья рабочих, занимающихся изготовлением фетра с использованием нитрата ртути.

Несмотря на высокую токсичность, ртуть является жизненно необходимым микроэлементом для живых организмов. Ее малые концентрации стимулируют фагоцитарную активность лейкоцитов и интенсивность обмена веществ, а также некоторые физиологические процессы [16]. Однако при увеличении содержания ртути эти эффекты снижаются, постепенно исчезают и уступают место токсическому воздействию, которое делится на 3 зоны: 1) биотическое воздействие; 2) бездействие; 3) токсико-фармакологическое влияние [18].

Токсичность ртути, ее неорганических и органических соединений отличается по механизму воздействия и предельно допустимым концентрациям. Острые отравления парами ртути связаны чаще с аварийными ситуациями. Они сопровождаются общим недомоганием, катаральными явлениями со стороны дыхательных путей, желудочно-кишечными расстройствами, поражением почек. Хроническое отравление ртутью в зависимости от длительности воздействия и концентраций ее паров может проявляться в виде общего функционально-невротического состояния, связанного с деятельностью нервной и частично сердечно-сосудистой системы

[19]. При длительном воздействии высоких и средних концентраций ртути, наблюдаются признаки меркулизма, - симптомы ртутного тремора, неврастении и повышенной психической возбудимости, нарушения двигательных функций и т.д. При длительном воздействии ртути проявляются гонадоксические, эмбриотоксические и тератогенные эффекты, при этом даже низкие ее концентрации также могут приводить к негативным последствиям, совокупность которых получила название микромеркулизма. Основные симптомы микромеркулизма – снижение работоспособности, быстрая утомляемость, ослабление памяти, повышенная возбудимость и другие невротические симптомы.

В основе токсического действия ртути на живые организмы лежит высокая способность металла вступать в химическую связь с сульфидгидрильными SH-группами белковых молекул, блокируя биологически активные центры и вызывая широкий спектр патологических изменений, таких как, нарушение сенсорных и двигательных функций центральной нервной системы [19, 20]. Ртуть и ее соединения способны вызывать первичные биохимические повреждения за счет подавления критических ферментов. Следовательно, ртуть является сильным, но не специфическим ферментным и белковым ядом [19].

Ртуть и ее соединения являются веществами первого класса опасности и их содержание строго лимитируется во всех компонентах окружающей среды, питьевой воде, воздухе рабочей зоны и продуктах питания. Санитарно-гигиенические нормативы, утвержденные в России, приведены в таблице 2.2.

*Таблица 2.2. Санитарно-гигиенические нормативы для ртути и ее соединений, утвержденные в России [21-26]*

Атмосферный воздух, ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Воздух рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>		Вода, мг/л		Почва, ПДК <sub>п</sub> , мг/кг	Рыбы, мг/кг
	ПДК <sub>мр.рз</sub>	ПДК <sub>сс.рз</sub>	ПДК <sub>п</sub>	ПДК <sub>н.р.</sub>		
0,0003	0,01	0,005	0,005	0,0001	2,1	0,3-1,0

Повышенные концентрации ртути в речных и морских водах отрицательно воздействуют на состояние водных экосистем. При содержании ртути 0,018 мг/л в водах тормозятся биохимические процессы очищения. А при 2,0 мг/л ртути – прекращаются. Биологическое потребление кислорода в сточных водах снижается на 20-80% при содержании ртути 0,02-1,0 мг/л [27]. Токсическое воздействие ртути проявляется для всех представителей водной растительности и животного мира. Так, при концентрации ртути 0,1 мкг/л подавляется жизнедеятельность одноклеточных морских водорослей [8], при содержании хлорида ртути 0,002-0,25 мг/л происходит задержка роста у водных растений [10].

Следует отметить, что по санитарно-гигиеническим нормативам, действующим в России, сброс сточных вод, загрязненных ртутью, запрещен [23].

### ***2.3. Нахождение и уровни содержания ртути в природе***

Ртуть представляет собой рассеянный элемент, и ее среднее содержание в земной коре, по разным сведениям, колеблется от 0,02 до 0,08 мг/кг, в горных порода – от 0,00021 до 0,1 мг/кг [28-33]. Во всех типах горных пород содержание ртути очень низкое и не превышает  $n \cdot 10$  мг/кг. Более высокие концентрации установлены в осадочных породах, особенно в глинистых сланцах богатых органическим веществом – от 10 до 1000 мг/кг [28,33].

Ртуть относится к подвижным и «сквозным» элементом, фиксирующихся в продуктах всех этапов рудообразования [34]. Наиболее вероятные формы переноса ртути из вещества в мантии с высоким содержанием этого элемента в верхние части земной коры – газовые, парогазовые и растворенные, миграция которых осуществляется в основном по зонам глубинных разломов. Существует так называемое «ртутное дыхание Земли» - дегазация мантии, которая представляет собой один из основных природных источников ртути. Также не мало важную роль в переносе ртути играют гидротермальные растворы, в которых ртуть может мигрировать в виде паров, так и в растворенном состоянии. Это подтверждено результатами исследований

гидротермальных источников, расположенных на территории Северной Америки, Камчатки, Новой Зеландии [31,32,35].

По подсчетам А.А. Саукова, в месторождениях заключено лишь 0,02% всей ртути, остальное ее количество крайне рассеяно [31]. Основная масса металла находится в виде соединений в самостоятельных ртутных минералах, а также в качестве примесей в составе других минералов. 65% мировых запасов ртути приходится на бассейн Средиземного моря, так называемый Средиземноморский ртутный пояс [36].

В настоящее время известно 87 ртутных, 17 ртутно-сурьмяных, 68 ртутьсодержащих и 38 ртуть- и сурьмяно-содержащих минералов и их разновидностей, что свидетельствует о многообразии условий их образования.

Глобальным экзогенным источником ртути являются горные породы, Мировой океан, подземные и все виды поверхностных вод, биосфера в целом. Около 0,1% поступившей из мантии ртути находится в океанах в растворенном виде [10].

Вследствие специфичности физико-химических свойств, ртуть является хорошим мигрантом в окружающей среде, накапливаясь и перераспределяясь, в зависимости от условий, в компонентах водных и наземных экосистем, газовых и водных средах (таблица 2.3).

Параметры природного геохимического фона ртути тесно связаны с геологическими и ландшафтно-геохимическими особенностями территории. Это обуславливает неоднородность распределения абсолютных содержаний ртути в различных геологических телах и компонентах окружающей среды.

При этом это должно учитываться при оценке степени техногенного воздействия на состояние природной среды [6].

*Таблица 2.3. Содержание ртути в различных компонентах окружающей среды*

Компонент	Регион или страна	Концентрация	Среднее содержание	Литературный источник
Уголь, мг/кг	Разные страны	0,01 – 3,3	-	[37]
	Россия	20-56	-	[38]
Нефть, мг/кг	СНГ	<0,01-21,0	0,005	[37]

Компонент	Регион или страна	Концентрация	Среднее содержание	Литературный источник
Торф, мг/кг	Финляндия	-	0,01	[37]
Древесина мг/кг	Финляндия		0,01	[37]
Атмосферный воздух, нг/м <sup>3</sup>	Атлантический океан	1.31-8,51	-	[39]
	Европа, ртуть добывающее предприятие	10-20000	-	[36]
	Сибирь, фоновые районы	1-11	-	[40]
	Забайкалье, золотодобывающие рудники	1-183	-	[41]
Почвы, мг/кг				
дерново-подзолистые	Россия	-	0,058±0,012	[42]
разные типы	Западная Сибирь	-	0,045±0,003	[43]
торфянистые	США	0,01-4,6	0,28	[28]
	Канада	-	0,4	[28]
глинистые и суглинистые	США	0,01-0,9	0,13	[28]
лесные	Норвегия	0,02-0,35	0,19	[28]
	Япония	0.02-0,2	0,17	[28]
	Югославия	0.08-0,58	0,23	[28]
рисовые поля	Япония	0,15-0,76	0.27-0.35	[28]
	Вьетнам	0.02-1	0,3	[28]
Загрязненные территории (мг/кг)				
ртутные рудники	Канада	0.2-1,9	-	[28]
	Югославия	0,6-4,2	-	[28]
	США	0,1-40	-	[28]
золотодобывающие предприятия	Бразилия	0,42-129,3	-	[44]
	Россия	0,1-3,59	-	[41]
хлорно-щелочные или химические производства	Англия	-	3,8	[28]
	Швейцария	0,1-0,43	-	[28]
	Канада	0,32-5,7	-	[28]
фунгициды	Канада	9,4-11,5	-	[28]
заводы по производству люминесцентных ламп	Россия	0,08-300	28,3	[41]

Компонент	Регион или страна	Концентрация	Среднее содержание	Литературный источник
Растительный и животный мир				
пшеница, мкг/кг	США	10-16	14	[28]
	СССР	7-12	10	[28]
	Польша	4-33	13	[28]
	Россия, Белгородская обл.	4,9-14,4	-	[45]
мясо диких животных	Россия, Белгородская обл.	2,3-26,2	-	-
мясо сельскохозяйственных животных	Россия, Белгородская обл.	0,7-13	-	-
морковь, мг/кг	Словения, вблизи ртутного рудника «Идрия»	0,06-0,83		[17]
растительность, мг/кг		1,5-65	-	-
хвойные деревья, мг/кг	Канада	0,004-0,48	-	[17]
мхи и лишайники г/кг		0,009-0,213	-	-
рыбы	Россия, Курейское водохранилище	0,01-0,64	-	[17]
	Финляндия, озера	0,01-4,06	-	[17]

#### **2.4. Содержание ртути в природных водах**

Содержание ртути в водных объектах и других компонентах окружающей среды зависит от различных геологических, геохимических, климатических и гидрологических факторов, а также от степени техногенного воздействия.

Биогеохимические циклы ртути представляют ложную систему, включающую множество процессов, происходящих в атмосфере, водной и твердой фазе, живых организмах [17] (Рисунок 2.4)



же время некоторые высокие значения, как и самые низкие, требуют дополнительной аргументации.

Таблице 2.4. Содержания растворимой ртути в незагрязненных природных водах (по данным разных авторов), мкг/л [17]

Содержание ртути	Объект	Лит. Источник
0 <sub>n</sub> – 0,0 <sub>n</sub>	Природные воды	[47]
n·0,1 - n·1	Реки европейской части СССР	[48]
0,087-0,125	Снеговая вода. Гренландия	[49]
0,02-0,06	Озера Центр. Казахстана	[50]
0,01	Незагрязненные морские и речные воды	[51]
0,02-0,1	Незагрязненные пресные воды	[10]
0,08	р. Нура	[6]
0,1-3,5	Глобальный фон	[52]
0,01-0,05	Снеговая вода, биополигон «Ледник Абрамова»	[53]
0,00 <sub>n</sub> -0,0 <sub>n</sub>	Пресные воды	[54]
0,001-0,01		[55]
0,01-0,1	Фоновый уровень в поверхностных водах	[56]
0,02 – 0,03 (0,01-1,26)	Подземные воды из скважин среднего течения р. Катунь	[57]
0,06-0,09	Поверхностные воды (фоновые), среднее течение р. Катунь	[56]
0,1-3,5	Глобальный фон	[58]
0,09	р. Катунь	[59]
0,0025-0,01	Водные системы	[41]
0,02 – 0,1	Общая оценка за 1989-1991 гг.	[60]
0,01-0,1	Поверхностные воды	[61]
0,007-0,2	притоки р. Томь	[61]
0,01-0,21	Устье р. Чуя	[62]
0,074	Снеговая вода заповедников	[63]
0,058	Среднее содержание в природных водах	[64]
0,018-0,067	Бассейн верхней и средней Оби	[64]
0,005	Речные системы	[65]
0,0003-0,0019	Ледниковые отложения Арктики	[65]
0,001-0,003	Незагрязненные воды рек и озер	[66]
0,01	Новосибирское водохранилище	[67]
0,12-0,58	Озера на севере Западной Сибири	[68]
0,049	Фон в бассейне реки Пахра (Московская обл.)	[6]
0 <sub>n</sub> -n	Речная и озерная вода	[51]
0,18	Подземные воды, юг Кузбасса	[69]
0,13	Речные воды, юг Кузбасса	[69]
0,08	Озерная и болотная вода, Иркутская область	[70]
0,0016	Вода оз. Байкал	[70]

Содержание ртути	Объект	Лит. Источник
0,005; 0,0015	Вода Братского водохранилища	[70]
0,0024-0,019	Влажные летние выпадения (Южное Прибайкалье)	[71]
0,01-0,06	Притоки оз. Байкал	[72]

### ***2.5. Содержание ртути в гидробионтах***

Ртуть относится к не-эссенциальным элементам с высокой степенью токсичности. Многочисленные исследования посвящены изучению эффектов ее воздействия на водные организмы, стимулируемые фактом нарастающего уровня загрязнения водоемов.

Экологическая опасность ртути в гидросфере заключается в ее непосредственном токсичном влиянии на водных обитателей, способности включаться в биогеохимические циклы с тенденцией к биоаккумуляции в трофической структуре водных экосистем, длительно циклировать и накапливаться. В таблицах 2.5.1. и 2.5.2. представлены ориентировочные фоновые и средние содержания ртути в различных пресноводных биообъектах.

*Таблица 2.5.1. Ориентировочные фоновые и средние содержания ртути в водной растительности [72]*

Показатель, растение, регион	Содержание (мг/кг сухой массы)	Автор
Фоновые уровни в макрофитах, Канада	0,035 – 0,050	Мортимер, 1985
Фоновые уровни в гидрофитах, Центр. Казахстан	0,05	Е.П. Янин, 1992
Фоновые уровни в гидрофитах рек Мордовии	0,05	
Фон в морских растениях	10-100	Адриано, 1984
Среднее содержание в морских водорослях	0,03	Ковальский, 1967

Таблица 2.5.2. Средние содержание ртути в пресноводных биообъектах на территории Российской Федерации, мг/кг (по данным разных авторов)

Содержание ртути, мг/кг	Объект	Место отбора	Лит. Источник
0,007±0,001	Макрофиты	Иркутское водохранилище	[73]
0,25 – 0,4	Водные растения	Братское водохранилище	[73]
1,2	Мышечная ткань леща	Река Ангара	[73, 74]
1,75	Мышечная ткань плотвы	Балаганское расширение	[73, 74]
2,3 - 3,5	Мышечная ткань окуня		[73, 74]
0,45 – 1,10	Мышечная ткань леща		[73, 74]
0,16	Мышечная ткань плотвы	Удинский залив	[73, 74]
0,21	Мышечная ткань леща		[73, 74]
0,29-0,36	Мышечная ткань окуня	Европейская часть России (озер Ильмень, Кубенское, Полисто и Суоярви)	[75]
меньше 0,1	Мышечная ткань окуня	Европейская часть России (Онежское, Неро и Чухломское)	[75]
0,8-1,0	Мышечная ткань окуня	Малые озера Вологодской и Новгородской областей	[75]
0,1	Органы и ткани галки и вороны	Ярославская и Вологодская область	[75]
0,01-0,03	Растения (зола)	Республика Алтай, зона воздействия Акташского ГМП	[72]
0,001-0,127*	Лещ, сухого веса ткани	р. Волга	[76]
0,30	Пищевая рыбе	Ярославская область, Рыбинское водохранилище	[77]
156-380**	Гриб белый	Московская область, Восточная Мещера	[78]
60-85**	Подосиновик		[78]
75-94**	Мухомор красный		[78]
88-3500**	Шампиньон		[78]
0,03-62	Выхухоль	Липецкая области	[79]
0,035	Грибы, груздь	Алтайский край	[80]
0,001-0,38	Эпигейные лишайники		[80]
0,027-0,46	Мхи, зеленый		[80]
0,027-0,46	Мхи, зеленый		[80]
0,29-0,57	Гриб подберезовик		[80]

Содержание ртути, мг/кг	Объект	Место отбора	Лит. Источник
0,047	Гриб моховик	Республика Алтай	[80]
0,79-5,60	Гриб дождевик		[80]
0,001-0,16	Эпигейные лишайники		[80]
0,140-0,320	Эпифитные лишайники		[80]
0,035-0,88	Мхи, зеленый		[80]
0,63-5,40	Гриб дождевик	Новосибирская область	[80]
0,03-0,16	Эпигейные лишайники		[80]
0,16-0,42	Эпифитные лишайники		[80]
1,27-3,25	Гриб дождевик	Томская область	[80]
0,11-0,17	Гриб подберезовик		[80]
0,037-0,11	Гриб моховик		[80]
0,027-0,09	Мхи, сфагнум		[80]
0,035-0,095	Эпигейные лишайники		[80]
0,074	Мхи	Россия	[81]
0,030-0,42	Лишайники	Россия	[82]
0,030-5,6	Грибы	Россия	[82]
1,38***	Кровь человека	Иркутская область	[83]
6,05***	Кровь коренного населения	Кольский п-ов	[84]
5,14***	Кровь коренного населения	Ненецкий АО	[84]
0,70***	Кровь детей	Таймыр	[84]
3,10***	Кровь коренного населения	Республика Коми	[84]
2,11***	Кровь коренного населения		[84]
0,29 мкг/г	Пресноводная рыба	р. Северная Двина	[85]
3,25 ± 0,4	Волосы детей	Томская область	[86]
0,37 ± 0,07	Волосы детей	Челябинская область	[86]
2,5 ± 0,7	Волосы детей	Иркутская область	[86]

Примечание: \* - мкг/г, \*\* - мкг/кг сырого вещества, \*\*\* - мкг/л

### Глава 3. Геоэкологическая ситуация на территории Российской Федерации

Источники ртути можно разделить на два типа генезиса: техногенный и природный. Количественные оценки этих двух групп источников очень противоречивы и неполны, поскольку во многих случаях основаны на различных допусках и приближениях. Однако на сегодняшний день можно с уверенностью считать, что глобальный круговорот ртути всецело определяется ее поступлением из природных источников, которые существенно превышают антропогенные [6]. В то же время, антропогенные источники являются наиболее важными с точки зрения экологических и геогигиенических позиций как локальные загрязнения (Рисунок 3.1.).



Рисунок 3.1. Техногенные и природные источники ртути на территории Российской Федерации

1-месторождения ртути, 2 – химический завод по производству каустической соды и хлора ртутным методом, 3 – ТЭЦ и ГРЭС, работающие на угле, 4 – АЭС с ртутным теплоносителем, 5 – аффинажный завод, 6 – цементный завод, 7 – точки обора проб ряски

### **3.1. Природные источники ртути на территории Российской Федерации**

Одними из более значимых локальных загрязнений формируются в районах ртутных месторождений, где в различных компонентах окружающей среды фиксируются контрастные аномалии ртути. Так, Н.А. Озеровой показано, что ртуть образует промышленные концентрации и в гидротермальных месторождениях нертутного состава, прежде всего колчеданновых, полиметаллических, медных [30].

В настоящее время на территории нашей страны насчитывает 24 месторождения ртути, большинство из которых относится к собственно ртутным (киноварным). Наиболее крупные месторождения находятся на территории Чукотского автономного округа (Тамватнейское), Республики Алтай и республики Саха (Якутия), остальные месторождения характеризуются низким содержанием ртути (существенно меньше 1%) (таблица 3.1.) [16].

*Таблица 3.1. Региональная структура балансовых запасов ртути в России [16, 32]*

Субъект Федерации	Месторождение	Геолого-промышленный тип	Содержание Hg в руде, % **
Собственно ртутные месторождения			
Алтайский край	Сухонькое	Карбонатный	0,24
Камчатская обл.	Ляпганайское	Опалитовый	0,63
	Олюторское		1,05
	Чемпуринское		1,07
Кемеровская обл.	Куприяновское	Кварц-диккитовый	0,32
Красноярский край	Белокаменное		0,47
	Салинское		0,42
	Дальнее		0,31
	Каскадное		0,14
Республика Алтай	Чаган-Узунское	Лиственитовый	0,42
	Черемшанское	Карбонатный	0,50
Республика Саха (Якутия)	Звездочка	Кварц-диккитовый	1,59
	Гал-Хая		0,60
	Северное		1,09
	Среднее		3,40
	Балгикакчан		1,63

Субъект Федерации	Месторождение	Геолого-промышленный тип	Содержание Hg в руде, % **
Республика Тыва	Терлигхайское	Полиаргиллитовый	0,22
Республика Сев. Осетия – Алания	Тибское	Кварц-диккитовый	0,25
Хабаровский край	Ланское	Полиаргиллитовый	0,52
Чукотский автономный округ	Тамватнейское	Лиственитовый	0,70
	Западно-Палянское	Кварц-диккитовый	0,53
Ртутьсодержащие месторождения			
Республика Башкортостан	Подольское	Медно-колчеданный	0,0025
Челябинская обл.	Талганское		0,0059
Свердловская обл.	Сафьяновское		0,0014

Осадочные породы являются одними из основных источников ртути, а именно угольные бассейны. Содержание ртути в угле колеблется в очень широких пределах 0,005-2,7 мг/кг.

Кузнецкий бассейн является крупнейшей сырьевой базой коксохимической и топливно-энергетической промышленности. По балансовым запасам угля он занимает первое место в России, особенно важное значение имеют коксующиеся угли, добыча которых составляет около половины от общей добычи. Среднее содержание ртути в углях Кузнецкого бассейна 0,08 г/т.

### ***3.2. Техногенные источники ртути на территории Российской Федерации***

Вследствие своих специфических свойств, ртуть и ее соединения широко применяются во многих отраслях промышленности. Наиболее крупными потребителями являются химическая (хлорщелочное производство, красители), электротехническая отрасль промышленности, которая в сумме дает около 55% общего мирового потребления ртути [15]. Помимо этого ртуть широко используется в других отраслях промышленности, например в горнодобывающей (амальгамное извлечение золота) и оборонной

промышленности, в приборостроении, сельском хозяйстве (ртуть содержащие пестициды), медицинской и лабораторной практике.

В существующих глобальных и региональных оценках техногенного поступления ртути в окружающую среду главное внимание уделяется выбросам в атмосферу. Однако огромные ее количества поступают непосредственно в водные системы, в отдельных случаях формируя локальные, экстремально сильные загрязнения [6]. Интенсивность техногенного поступления ртути в водные системы может быть очень велика и многократно превышать природную.

В структуре глобального баланса ртути доминирующую позицию по антропогенным выбросам металла занимает сжигание всех видов топлива для получения тепла, пара и электричества, а также для транспортных перевозок [15].

Другими антропогенными источниками ртути являются сжигание бытовых и медицинских отходов, высокотемпературные процессы плавки, обжига и получения металла, цемента и извести. Структуры баланса ртути в разных странах зависят от их уровня эколониического развития, а также от уровня контроля состояния окружающей среды. К примеру, в Сибирском регионе 80% выбросов ртути в окружающую среду приходится на долю химической промышленности, и всего 11% обеспечивает теплоэнергетические предприятия [87].

В Амурской области в 1998г. Областным комитетом по охране окружающей среды разработана программа по ртутному загрязнению территории области с особым акцентом на золотодобывающие районы [88], но в связи со сложной экономической ситуацией выполнение региональных экологических программ в настоящее время весьма затруднительно.

*Теплоэлектростанции, работающие на угле*

Так теплоснабжение России, использующие уголь, представлено [89]:

- 485 теплоэлектроцентралями (ТЭЦ);

- около 6,5 тыс. котельных мощностью более 20 Гкал/час (в основном, муниципальные);
- более 180 тыс. мелкими котельных (в основном, муниципальные);
- около 600 тыс. автономными индивидуальными теплогенераторами.

Приблизительная оценка относительного выброса ртути (от ее общего количества, поступившего с углем на сжигание и/или переработку) в атмосферу:

- 92% - использование угля для нужд электроэнергетики;
- 80% - использование угля для коммунально-бытовых нужд;
- 95% - использование угля населением и в агропромышленном комплексе;
- 99% - использование угля остальными потребителями;

Остальная ртуть связывается с золошлаковыми отходами и с уловленной очистными установками золой [90].

На российских угольных электростанциях в основном по-прежнему используются «проектные» угли — когда в котлах каждой конкретной ТЭЦ сжигается только определенный тип угля и никакой другой, а перевод станции на другой тип угля или обогащенное топливо может потребовать крупных инвестиций [89].

Преобладающим способом сжигания углей на современных ТЭЦ является пылеугольный.

Зольные уносы на 97- 99 % улавливаются в системах золоочистки дымовых газов (циклоны, рукавные фильтры и наиболее распространенные — электростатические фильтры). Все зольные отходы направляются в золохранилища (пруды-отстойники). Можно сказать, что экологическая проблема ртути отчасти "переносится с небес на землю", так как ртуть, уловленная в зольных отходах, может попадать в воды, почвы и растительность в окрестностях ТЭЦ.

При высоких температурах сжигания ртуть, содержащаяся в углях, практически вся переходит в газообразное состояние и выбрасывается в атмосферу с отходящими газами. Поэтому большинство систем очистки не являются эффективными для улавливания ртути при выбросе отходящих газов в атмосферу [90].

По данным Министерства природных ресурсов и экологии РФ, крупнейшими в отрасли источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу являются ГРЭС, четыре из которых возглавляют список предприятий с наибольшим вкладом в отраслевые объемы выбросов, это такие как Рефтинская ГРЭС (г. Асбест, Свердловская область), Троицкая ГРЭС (г. Троицк-5, Челябинская область), ЛуТЭК (г. Лучегорск, Приморский край), Новочеркасская ГРЭС, (г. Новочеркасск, Ростовская область) [90,91,120].

#### *Хлорно-щелочное производство*

Помимо добычи, существует ряд иных источников ртути. Наиболее важным из них является извлечение ртути из установок по производству хлора. На дне технологических "элементов" содержится значительное количество ртути, необходимой для обеспечения нормального функционирования ртутного процесса. Ртуть из элементов изымается при закрытии или переводе хлорно-щелочной установки на безртутную технологию. Хлорно-щелочное производство по-прежнему остается основной сферой использования ртути в России, где она применяется в качестве электрода [90].

Эмиссия ртути в атмосферу от хлорно-щелочного производства в России оценивается 1,2 т в год [90,91].

Около половины хлора в Российской Федерации производилось с использованием метода ртутного электрода, остальная часть - с применением диафрагменного метода [90].

В настоящее время в России работают четыре производства по выпуску каустической соды и хлора ртутным методом на следующих предприятиях:

- ЗАО «Каустик», г. Стерлитамак, Республика Башкортостан (с 1977 г.);
- ОАО «Каустик», г. Волгоград, Волгоградская область (с 1968 г.);

- ОАО «Кирово-Чепецкий химкомбинат», Кирово-Чепецк, Кировская область (с 1955 г.),

- ОАО «Саянскхимпласт», г. Саянск, Иркутская область (с 1979 г.).

При получении соды этим способом используется большое количество ртути, соединения которой выделяются в воздух и переходят в раствор и со сточными водами поступают в водные системы [6].

#### *Цементное производство*

Высокий уровень износа промышленного оборудования является общепризнанной «болезнью» российской цементной отрасли. Вследствие этого, мощность 50-ти действующих в России цементных заводов официально оценивается в 69.2 млн. тонн, но фактически – по независимым оценкам – российские заводы в их нынешнем состоянии могут произвести максимум 62.3 млн. тонн. цемента в год. Другой – не менее серьезной - проблемой отрасли является ее высокая энергоемкость.

Процесс обжига цементной сырьевой массы - известняка и глинистых пород осуществляется при высоких температурах в зоне спекания: 1450С° (по шихте) и около 2000С° (по газовому потоку), это способствует выделению практически всей ртути с дымовыми газами. В качестве топлива используется чаще уголь, что также способствует увеличению выбрасываемой эмиссии ртути в атмосферу.

При производстве цемента используются различные корректирующие добавки, таких как: гипс, железная руда, бокситы, кварцевые пески, туфы, диатомит, опока, нефелин с весьма низкими близкларковыми и закларковыми содержаниями ртути, топливные золы и пиритные огарки.

Соответствующие цифры для предприятий по производству цемента и оценка выделяющейся ртути приведены в таблице 3.2.1. Эмиссия ртути рассчитана на основе среднего содержания ее в исходном сырье (0,035 мг/кг и объемов исходной смеси с учетом того, что на одну тонну цемента требуется 1,6 т смеси) [90, 120].

Таблица 3.2.1. Количество ртути, выделившейся из шихты при производстве цемента в России на некоторых предприятиях [90, 120]

Федеральные округа, субъекты федерации	Доля производства цемента, %	Оценка ртути, т/год	Предприятия основные производители цемента
Московская область	6,49	0,128	ОАО "Лафарж Цемент", г. Воскресенск; ОАО «Щуровский цемент», г. Коломна
Волгоградская область	6,02	0,119	ОАО «Себряковцемент», г. Михайловка
Челябинская область	3,79	0,075	ОАО «Уралцемент», г. Коркино
Иркутская область	1,2	0,024	ОАО «Ангарскцемент», г. Ангарск
Магаданская область	0,04	0,001	ОАО «Колымацемент», г. Магадан

### *Цветная металлургия*

Ртуть, присутствующая в качестве естественной примеси в рудах цветных металлов, мобилизуется при их добыче и может поступать в окружающую среду в процессе переработки сырья и концентратов на металлургических заводах.

Ртуть может быть представлена в собственно минеральной форме (например, медно-серебряные месторождения), также входит в состав сложных минералов (тип платиноидных месторождений) или же находится в рассеянном состоянии (медно-колчеданные, медно-никелевые, серно-колчеданные, полиметаллические месторождения и др.). Как правило, максимальные концентрации ртути характерны для медно-цинковых, минимальные - для серно-колчеданных руд [90].

Наличие в районах обогатительных фабрик значительных объемов отходов, в том или ином количестве содержащих ртуть, могут предоставлять потенциальную возможность включению ее в миграционные цепи в ходе разрушения отвалов гипергенными процессами. Кроме того, ртуть поступает в окружающую среду непосредственно при добыче руд [90].

Основными концентратами минералов ртути являются блеклые руды, сфалерит, галенит, в меньшей степени – халькопирит и пирит, куда минералы ртути входят в виде примесей. Присутствующие минералы ртути – калорадоит,

блеклая руда - шватцит и, редко киноварь. Металлическая ртуть в свободном виде в рудах не встречается [90].

#### *Аффинаж золотосодержащих концентратов золота*

Всего в стране действует 10 предприятий, имеющих право осуществлять аффинаж драгоценных металлов [92].

В настоящее время повышенное содержание ртути в концентратах, которые посылаются на аффинаж, может быть вызвано как природными факторами (увеличение содержания ртути в золотоносной руде), так и ее непосредственным использованием ранее (отработка техногенных россыпей и хвостов).

Оценить суммарную эмиссию ртути при аффинаже золотосодержащих концентратов в настоящее время не представляется возможным, так как неизвестно соотношение различных концентратов, поступающих на аффинаж (шлихи, слитки, цианошамы и др.), и содержание в них ртути [57].

В существенных глобальных и региональных оценках техногенного поступления ртути в окружающую среду главное внимание уделяется ее выбросам в атмосферу. При этом многочисленные данные свидетельствуют о том, что огромное количество ртути поступает непосредственно в водные системы, в отдельных случаях формируя локальные, экстремально сильные зоны загрязнения. Так сточные воды промышленно-урбанизированных агломераций являются существенным источником поступления ртути в окружающую среду. Характерно, что высокие концентрации ртути фиксируются в стоках многих производств, а не только тех, в которых этот металл и его соединения используются в технологическом процессе. В частности около 200-400 кг ртуть на 1 млн. жителей может сбрасываться городскими очистными сооружениями. Так некоторые авторы предполагают, что именно сбросы сточных вод и приводят к формированию наиболее критических экологических ситуаций, обусловленных загрязнением ртутью [6].

## Глава 4. Методика исследования

### 4.1. Отбор проб растений семейства Рясковых

Пылевой сбор проводился на территории Российской Федерации в 46 регионах во время сезона вегетации (с мая по октябрь) в 2015 году. Все было исследовано 66 точек (рисунок 4.1.). Отбор проб осуществлялся местными жителями, заранее ознакомленными с методикой отбора проб. При отборе проб учитывалось месторасположение водоема, его близость к промышленным предприятиям, гидрологический режим. В каждой точке было проведено краткое описание водоема и территории вокруг с соответствующими фотографиями, фиксировались координаты места отбора проб, дата и время.



Рисунок 4.1. Карта-схема фактического материала

Выбор растений в качестве объектов исследований сделан в соответствии с принципами отбора организмов для мониторинга качества окружающей среды [73]. Согласно этим принципам, при выборе биообъекта в качестве индикатора следует учитывать структурные (биомасса, представительность и частота встречаемости данного вида в пределах различных биогеоценозов) и функциональные (динамика накопления токсикантов, время жизни,

биологическая продуктивность) признаки. Выбор был остановлен на растениях семейства Рясковые (*Lemnaceae*), имеющих широкое распространение в пределах района исследований и способных произрастать как в чистых, так и в промышленно загрязненных экотопах.

В настоящее время не существует достаточно надежных методов, позволяющих однозначно заключить, насколько отобранные в пресноводной экосистеме пробы представлены и в какой мере они характеризуют химический элементарный состав изучаемых объектов. Обычно такую оценку осуществляет каждый специалист самостоятельно, зачастую на основе собственного опыта работы и квалификации. В тоже время при правильном отборе проб погрешность, обусловленная их неизбежной естественной неоднородностью, должна быть меньше погрешности аналитического определения [95].

#### ***4.2. Методика аналитических исследований***

##### *1. Подготовка проб к анализу*

Отбор, транспортировка, хранение и предварительная подготовка проб являются начальными и важнейшими этапами микроэлементного анализа природных объектов. Именно на этих этапах могут возникать большие погрешности, способные сделать бессмысленной завершающую аналитическую процедуру измерения концентраций микроэлементов.

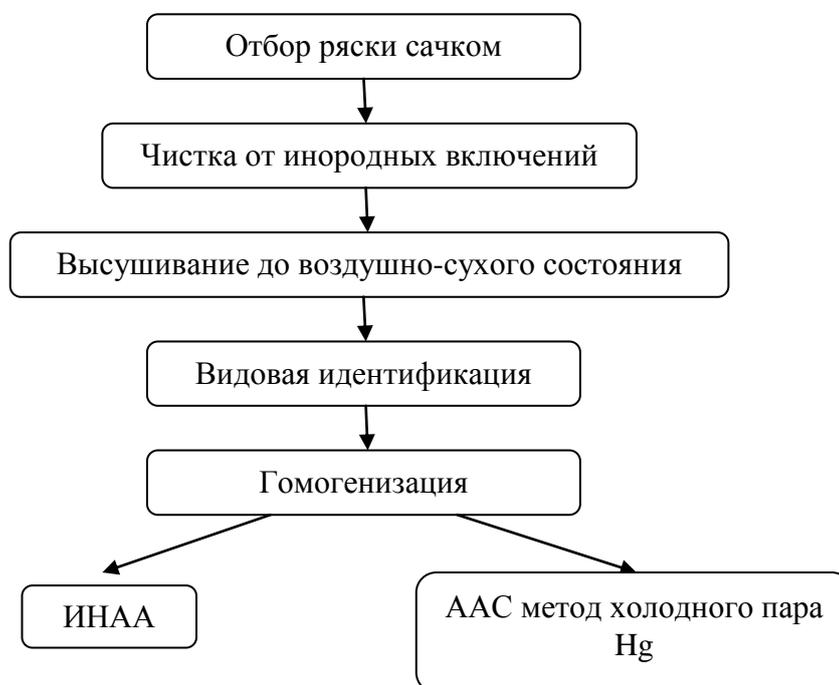
Основное требование к методам отбора проб и подготовки проб состоит в том, чтобы суммарная погрешность конечного результата, обусловленная влиянием мешающих факторов на этих этапах, не превышала погрешности всего анализа. К числу погрешностей отбора и пробподготовки относятся загрязнение микроэлементами или их потери в процессе хранения и концентрирования [95]

К главным источникам загрязнения проб микроэлементами на этапах хранения и пробподготовки относятся инструменты, применяемые при отборе проб, посуда, пыль лабораторных помещений. Рекомендуется использовать посуду из материалов, не вызывающих загрязнения металлами – поэлителен, кварц, агат и др. Более сложной представляется проблема потерь химических

элементов при высушивании и озолении биологических материалов. Это связано с составом матрицы препаратов, многообразием форм существования органической материи. В настоящей работе применялось высушивание растительной пробы при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния.

Отобранные и высушенные пробы гидробионтов доставлялись в лабораторию, где выполнялись все операции по аналитической предпробподготовке с помощью инструментов из пластмассы (видовая идентификация, удаления инородных включений). Далее пробы гомогенизировали (истирали в агатовой ступке). Пробы анализировались такими инструментальными анализами, как нейтронно-активационный анализ и атомно-абсорбционная спектрометрия.

Общая схема отбора, пробоподготовки и анализа растительных проб комплексом высокочувствительных количественных методов представлена на рисунке 4.2.1.



*Рисунок 4.2.1. Общая схема исследования растительных проб*

Одним из наиболее важных параметров любой аналитической методики является предел обнаружения, т.е. минимальная концентрация элемента,

которая может быть определена с доверительной вероятностью 95% с учетом нормального распределения погрешностей измерений.

## *2. Аналитические методы*

Изучение микроэлементного состава гидробионтов выполнено в аналитических лабораториях Томского политехнического университета. Использованы следующие аналитические методы:

1) *Метод атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС)*. Данным методом определяли валовые концентрации ртути в твердом веществе (растительная проба) с применением метода «холодного пара» по общепринятым методикам [96-98] на базе научно-образовательного центра «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета. Точность метода ААС подтверждалась использованием государственного стандартного образца ГСО 8923-2007 состава листа березы (СОКОМЕТ 007-7-2008-RU, Hg  $(0,037 \pm 0,006) \cdot 10^{-6}$  нг/г).

2) *Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА)*. Данный метод применялся для определения Na, Fe, Sc, Co, Br, Rb, Sr, Cs, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Th, U, Ca, Cr, Au, Ba, As, Cs, Ag, Rb, Zn, Ta, Sb в ряске. Анализ выполнялся на базе лаборатории ядерно-геохимических методов исследований Томского политехнического университета (аналитик – с.н.с. Судыко А.Ф.).

Облучение нейтронами образцов биообъектов проведено в активной зоне 6-мегаваттного ядерного реактора Томского политехнического университета потоком тепловых нейтронов  $2,8 \cdot 10^{13}$  нейтронов/см<sup>-2</sup>/с<sup>-1</sup> в течении 5 ч. Методика ИНАА хорошо отработана и утверждена Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) при ВИМСе и используется лабораторией в течение многих лет.

Пределы обнаружения элементов методом ИНАА в органогенных образцах (углистые породы) показаны в таблице 4.2.2.

Таблица 4.2.2. Пределы обнаружения различных микроэлементов в углистых породах на ИНАА [83]

Элемент	Предел обнаружения г/т	Элемент	Предел обнаружения г/т
Na	20	Ba	8
Ca	300	La	0,03
Sc	0,02	Ce	0,05
Cr	0,2	Sm	0,01
Fe	100	Eu	0,01
Co	0,1	Tb	0,05
Ni	20	Yb	0,1
Zr	30	Lu	0,01
Rb	0,6	Hf	0,01
As	1	Ta	0,05
Sr	7	Au	0,01
Ag	0,5	Th	0,2
Cs	0,3	U	0,1
Sb	0,3	Br	0,3

### 4.3. Характеристика участков исследования

На территории Российской Федерации было отобрано 183 пробы, которые отбирались в разных регионах страны, с целью увидеть геохимическую дифференциацию относительно концентрации ртути в растениях семейства Рясковые.

Таблица 4.3. Характеристика участков исследования

Место отбора	Координаты точки отбора	Характеристика водоема
<i>Европейская часть России</i>		
Брянская область, г.Брянск	53°15'14.1"N 34°23'02.5"E	S=0,02км <sup>2</sup> , бессточное Озеро «Старуха», находится в селитебной зоне
Владимирская область, Петушинский район, д.Петушки	55°55'33.1"N 39°28'16.1"E	S=0,001км <sup>2</sup> , бессточное Водоем - пруд «Таракашка». Находится на территории деревни, на пересечении двух улиц Вокзальная и Садовая
Воронежская область, Подгоренский район, п. Подгоренский	51°7'22301"N 39°14'7454"E	S=0,004км <sup>2</sup> , бессточное

Место отбора	Координаты точки отбора	Характеристика водоема
Калужская область, г. Мосальск	54°29'06.0"N 34°59'17.5"E	L=14км р. Можайка, сильно обмелевшая река, относящаяся к бассейну притоков р. Оки
Липецкая область, г. Липец	52°35'56"N 39°39'13"E	S=0,3км <sup>2</sup> , бессточное Силикатные озера искусственно созданные, Глубина от 7 до 20 метров.
Орловская область, г.Орел	52°58'08.0"N 36°04'09.2"E	L= 66 км, S =544 км <sup>2</sup> . Речка Ока, находится в селитебной зоне
Московская область, г. Коломна	55°5'15"N 38°14'46"E	S=0,0012км <sup>2</sup> , бессточное
Московская область, д. Ляхово	55°3'17"N 38°16'7"E	S=0,35км <sup>2</sup> , бессточное
Тульская область, Дубенский район, д.Якшино	54°47'24.3"N 37°31'14.6"E	S=0,013км <sup>2</sup> , бессточное Пруд находился на территории базы отдыха оружейного завода АО «Конструкторское бюро приборостроения» имени А. Г. Шипунова
Владимирская область, г. Владимир	56°07'14.4"N 40°19'51.1"E	S=0,0013км <sup>2</sup> , бессточное Водоем располагается в пригородной части города
Тамбовская область, г.Тамбов	52°44'40.5"N 41°24'34.5"E	S=0,01км <sup>2</sup> , бессточное Водоем находится в селитебной зоне
Вологодская область, г. Вологда	59°13'59.9"N 39°48'52.3"E	S=0,40км <sup>2</sup> , бессточное. Водоем располагается в пригородной части
Республика Карелия, Прионежский район, д. Вехручей	61°24'46"N 35°15'28"E	S=0,0007км <sup>2</sup> , бессточное
Республика Карелия, Кондопожский район, д. Сопоха.	62°20'02.3"N 34°00'39.1"E	S=0,001км <sup>2</sup> , бессточное Водоем располагается недалеко от заповедника Кивач – Карелия
Ленинградская обл., г. Санкт-Петербург	59°51'34.1"N 30°24'05.9"E	S=0,0009км <sup>2</sup> , бессточное Водоем находится в селитебной зоне
Республика Коми, г. Сыктывкар	61°40'28.2"N 50°47'05.8"E	S=0,0006км <sup>2</sup> , бессточное Водоем находится в селитебной зоне
Республика Адыгея, Майкопский район, ст.Новосвободная	44°21'12.8"N 40°24'51.1"E	S=0,0012км <sup>2</sup> , бессточное
Волгоградская область, г. Волгоград	48°49'35.0"N 44°33'57.7"E	S=0,0007км <sup>2</sup> , бессточное Водоем находится в пригородной части
Краснодарский край, г. Краснодар	45°01'04.9"N 38°57'21.6"E	S=0,001км <sup>2</sup> , бессточное
Республика Крым, г. Симферополь	44°56'28.9"N 34°05'11.2"E	S=0,02км <sup>2</sup> , бессточное Водоем – Нижний пруд
Псковская область, Печорский район, д. Шумилкино	57°39'22.5"N 27°26'09.8"E	S=0,0056км <sup>2</sup> , бессточное Водоем находится за пределами деревни, в лесной зоне
Республика Башкортостан, г. Уфа	54°46'30.6"N 56°03'29.2"E	S=0,008км <sup>2</sup> , бессточное Озеро Кашкадан, в селитебной зоне

Место отбора	Координаты точки отбора	Характеристика водоема
Кировская область, Кирово-Чепецкий район, д. Просница	58°26'07.0"N 50°14'01.3"E	S=0,0012км <sup>2</sup> , бессточное д. Просница попадает в зону влияния КЧХК. На 2011г. содержание Hg в р. Просница достигает 506 ± 126 нг/л, в донных отложениях 0,11 ± 0,03 мг/кг, в корнеобитаемом слое почвы (0-20см) 11,5 ± 2,9 мг/кг [94].
Республика Марий Эл, Медведевский район, п. Знаменский	56°38'51.9"N 47°58'40.9"E	S=0,064км <sup>2</sup> , проточное
Нижегородская обл., Боярский район, д. Неклюдово	56°24'26.4"N 43°59'15.9"E	S=0,0009км <sup>2</sup> , бессточное
Нижегородская область, Боярский район, д. Боталово	6°23'16.6"N 44°01'35.8"E	S=0,0014км <sup>2</sup> , бессточное
Самарская область, г. Самара	53°14'28.2"N 50°13'32.0"E	S=0,001км <sup>2</sup> , бессточное Водоем располагается в селитебной зоне
Пензенская область, Железнодорожный район, п. Лесной	53°30'04.1"N 45°31'14.1"E	S=0,0011км <sup>2</sup> , бессточное Водоем находится в 5 км от поселка
Саратовская область, г. Саратов	51°36'34.3"N 45°59'21.3"E	S=0,003км <sup>2</sup> , бессточное пруд Солнечный, расположен в селитебной зоне.
Республика Татарстан, Нурлатский район, п. Юган	54°29' N 20°13,29" E	S=0,0006км <sup>2</sup> , бессточное
Пермский край, Березовский район, с. Березовка	57°35'48.8"N 57°18'20.0"E	Пробы отобраны в 4 близко стоящих друг к другу прудов
Оренбургская область, г. Оренбург	51°46'43.4"N 55°02'37.1"E	S=0,0009км <sup>2</sup> , бессточное
Калининградская область, г. Калининград	54°43'53.9"N 20°31'33.2"E	Приток Верхнего пруда, находится в селитебной зоне
Республика Беларусь, Гомельская область, Жлобинский район, п. Металлург-1	52°51'57.7"N 29°59'33.1"E	S=0,0007км <sup>2</sup> , бессточное Юго-западнее от точки отбора пробы располагается Белорусский металлургический завод - предприятие чёрной металлургии
Республика Беларусь, Гомельская обл., Жлобинский район, д. Соленое	52°50'43.5"N 30°01'47.5"E	S=0,0006км <sup>2</sup> , бессточное р. Добосна протекает в границах северной части Гомельского Полесья. Долина в верхнем течении невыразительная, ниже – трапециевидная, шириной 700-900 м. Русло канализовано на всем протяжении.

Место отбора	Координаты точки отбора	Характеристика водоема
Северо-Кавказский федеральный округ		
Республика Карачаево-Черкесия, п. Новая Теберда	43°40'35.9"N 41°53'47.0"E	S=0,0002км <sup>2</sup> , бессточное Водоем находится на территории поселка
Республика Северная Осетия-Алания, с.Нижняя Саниба	43°01'46.2"N 44°32'37.9"E	S=0,0002км <sup>2</sup> , бессточное р. Соленая, сильно обмелевшая
Уральский федеральный округ		
Курганская область, г.Курган	55°26'16.2"N 65°20'34.7"E	S=0,0007км <sup>2</sup> , бессточное Водоем находится в селитебной зоне
Тюменская область, Вагайский район	57°42'16.5"N 69°09'31.0"E	S=0,004 км <sup>2</sup> , бессточное Водоем находится в 50 км от п. Черное
Челябинская область, г.Магнитогорск	53°23'20.8"N 58°59'48.2"E	S=0,002км <sup>2</sup> , бессточное р. Урал, пойменная часть реки
Западная Сибирь		
Ханты-Мансийский автономный округ, г. Нижневартовск	60°56'34.3"N 76°37'54.6"E	S=0,0008км <sup>2</sup> , бессточное Водоем расположен в селитебной зоне.
Омская область, г. Называевск	55°33'51.7"N 71°21'40.0"E	S=0,0007км <sup>2</sup> , бессточное Водоем расположен в селитебной зоне.
Кемеровская область, г. Кемерово	55°21'55.2"N 86°10'10.7"E	S=0,0015км <sup>2</sup> , бессточное Водоем расположен в селитебной зоне.
Новосибирская область, г.Новосибирск (Академгородок)	4°49'29.8"N 83°06'48.2"E	S=0,007км <sup>2</sup> , сточное Пруд находится в ботаническом саду, через озеро протекает река Зырянка
Алтайский край, г. Барнаул	53°19'03.2"N 83°53'19.4"E	S=0,11км <sup>2</sup> , бессточное Пойменная часть р. Обь
Республика Хакасия, Ширинский район	54°22'31.1"N 90°01'38.4"E	S=0,017км <sup>2</sup> , проточное р. Карыш, в месте отбора пробы значительно обмелевшая
Восточная Сибирь		
Республика Саха, г. Якутск, Гагаринский район	62°04'23"N 129°42'25"E  62°03'47"N 129°41'11"E  62.031514°N 129.732214° E	S=0,3 км <sup>2</sup> , бессточное Оз. Хатынг Юрях, расположен в селитебной зоне. Средняя глубина 1,1 м, длина озера 5,2 км, максимальная ширина 0,16 км. Слабощелочная среда со средней минерализацией и мягкой водой. Состав воды гидрокарбонатного класса с преобладанием катионов натрия и магния. Превышения нормативов ПДКк/б выявлено по общему железу до 1,4 раз [93].
Республика Бурятия, г. Улан-Удэ	51°49'41.1"N 107°41'41.3"E	S=0,008км <sup>2</sup> , проточное
Иркутская область, г.Иркутск	52°16'09.2"N 104°17'10.2"E	S=0,007км <sup>2</sup> , проточное Водоем находится в селитебной зоне и представлен обмелевшей частью реки Ангара

Место отбора	Координаты точки отбора	Характеристика водоема
Дальний Восток		
Камчатская область, г. Петропавловск- Камчатский,	53°01'43.1"N 158°38'38.7"E	S=0,007км <sup>2</sup> , бессточное озеро Култучное. В озере зарегистрировано высокое содержание фосфатов и аммония в прибрежной части акватории
Хабаровский край, г. Хабаровск	48°23'06.1"N 135°09'32.5"E	S=0,003км <sup>2</sup> , бессточное Водоем находится в пригородной части города

## **Глава 5. Специфика концентрирования ртути растениями семейства Рясковые на территории Российской Федерации**

В.И. Вернадский, еще в начале XX в. рассматривал живые организмы, как концентраторы химических элементов. Многими исследователями предпринимались попытки отыскать общие закономерности, управляющие концентрированием элементов в живом веществе. Причину концентрирования пытались связывать со свойствами атомов и Периодическим законом элементов Д.И.Менделеева. Так, А.П. Виноградов выдвигает концепцию, что количественный химический элементарный состав организмов есть периодическая функция веса [99].

Анализ всех современных существующих методов, способов и приемов как прямого, так и косвенного определения степени загрязнения компонентов наземных и водных экосистем различными химическими элементами, в том числе и ртутью, показывает, что биогеохимическая индикация загрязнения окружающей среды наиболее перспективна. Это связано с тем, что живые объекты наиболее чувствительны к повышению концентраций химических элементов и их соединений в окружающей среде. В связи с тем, первостепенное значение приобретает исследование «отклика» живых организмов на изменение среды обитания [10, 59, 74, 100-105].

При выборе исследуемого биообъекта учитывались особенности вида, достаточная для анализа биомасса, широкий ареал распространенности, способность к накоплению микроэлементов и др.

Важным достоинством водных растений является легкость их сбора и возможность формирования «чистых» проб отдельных видов растений и их органов. Концентрация элементов в растениях иногда бывает на порядок выше, чем в воде и донных отложениях [10, 95, 103].

Исследования проводились на территории Российской Федерации в 46 регионах во время сезона вегетации исследуемого растения (с мая по октябрь) в 2015 году. Отбор проб осуществлялся нами и местными жителями, заранее ознакомленными с методикой отбора проб.

Так как мы имеем дело с природными водоемами, вероятность встретить растения данного семейства представленным одним видом почти не возможно. Целесообразно определить вариативности концентрации ртути в различных видах растений семейства Рясковые с целью выбора более подходящих видов для дальнейшего исследования.

Изучены 4 наиболее встречаемых видов растений семейства Рясковые (*Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid, *Lemna minor*, *Lemna trisulca* и *Lemna turionifera*), отобранных в разных регионах Российской Федерации. Все 4 вида произрастали в одном водоеме.

Получены идентичные результаты с ранее проведенными в лаборатории БИОГЕЛ [5]. Наблюдается схожее поведение биоаккумуляции Hg у 3 видов растений семейства Рясковые: *Spirodela polyrrhiza* (L.), *Lemna turionifera* и *Lemna minor*. В то время как, *Lemna trisulca* содержит наиболее высокие концентрации ртути, но не выходит за пределы общих порядков нахождения того или иного элемента в Lemnaceae [5] (таблица 5.1).

*Таблица 5.1. Вариативность концентрации ртути различными видами растений семейства Рясковые*

Регион	Виды	Хср, нг/г	СКО, нг\г	отн. СКО, %	отн. размах, %	числа пар-х измер-й
Алтайский край, Барнаул	<i>Lemna minor</i>	12,4	1	8,1	16,2	3
	<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.)	12,9	1,1	8,6	16,2	3
	Смесь	12,5	0,4	3,4	4,8	3
Томская область, Стрежевой	<i>Lemna turionifera</i>	15,2	1,2	7,9	11,2	3
	<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.)	15,4	1	9,7	14,3	3
	Смесь	15,4	0,1	0,9	1,3	3
Кемеровская область, п. Тисуль	<i>Lemna turionifera</i>	23,1	0,9	3,4	7,5	3
	<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.)	22,9	1,7	7,6	13,5	3
	<i>Lemna trisulca</i>	35	1,7	5	9,7	3
	Смесь	24,6	1,1	4,6	6,5	3

По результатам данных исследований было определено использовать смесь видов (*Spirodela polyrrhiza* (L.) и *Lemna turionifera*), так как это намного облегчает отбор и пробоподготовку, при этом полученные результаты относительно концентрации Hg не будут являться ложными, так как определена крайне высокая схожесть в концентрации исследуемого элемента этими видами.

Результаты измерения валового содержания ртути в растениях сем. Рясковые, произрастающие в различных регионах Российской Федерации, представлены в таблице 5.2.

*Таблица 5.2. Валовое содержание ртути в растениях семейства Рясковые, произрастающих в различных регионах Российской Федерации и некоторые статистические параметры ее распределения*

Место отбора пробы	Хср, нг/г	СКО, нг/г	Относит. СКО, %	Относит. размах, %	Число измерений
<i>Европейская часть</i>					
Брянская область, г.Брянск	6,8	0,4	6,2	8,8	3
Владимирская область, Петушинский район, д.Петушки	5,9	0,4	7,2	10,2	3
Воронежская область, Подгоренский район, п. Подгоренский	11	0,4	3,5	6,4	3
Калужская область, г. Мосальск	6,1	0,3	4,9	9,8	3
Липецкая область, г. Липец	8	0,2	1,4	2,1	3
Орловская область, г.Орел	10,3	0,8	7,6	10,7	3
Московская область, г. Коломна	18,3	0,1	0,4	0,5	3
Московская область, г. Москва	15,4	0,1	0,9	1,3	3
Тульская область, Дубенский район, д.Якшино,	16,3	0,6	3,4	6,7	3
Тамбовская область, г.Тамбов	16,6	1,1	6,5	11,5	3
Вологодская область, г. Вологда	5,5	0,3	5,6	11	3
Республика Карелия, Прионяжский район, д. Вехручей	15,1	0,6	3,6	7,3	3
Ленинградская обл., г. Санкт-Петербург	14,7	0,6	4,3	8	3
Республика Коми, г. Сыктывкар	4,3	0,1	1,6	2,3	3
Республика Адыгея, Майкопский район, ст.Новосвободная	20,8	0,7	3,4	4,8	3
Краснодарский край, г. Краснодар	14	1,1	8	15,7	3
Республика Крым, г. Симферополь	8,9	1,3	10	19	3
Республика Башкортостан, г. Уфа	54,7	3,1	5,7	9,9	3

Место отбора пробы	Хср, нг/г	СКО, нг\г	Относит. СКО,%	Относит. размах, %	Число измерений
Кировская область, Кирово-Чепецкий район, д. Просница	54,3	2,9	5,4	10,5	3
Республика Марий Эл, Медведевский район, п.Знаменский	11,2	0,9	8,1	12	3
Нижегородская обл., Боярский район, д. Неклюдово и д. Боталово	10,8	0,4	3,9	5,6	3
Самарская область, г. Самара	10,1	1,4	11	22,1	3
Пензенская область, Железнодорожный район, п.Лесной	8,1	0,3	3,5	6,1	3
Саратовская область, г.Саратов	5,7	0,1	2,5	3,5	3
Республика Татарстан, Нурлатский район, п.Юган	13,7	0,6	4,3	8	3
Пермский край, Березовский район, с. Березовка	8,1	0,8	4,2	16	3
Оренбургская область, г. Оренбург	7,5	0,6	8,5	12,1	3
Калининградская область, г. Калининград	25,7	1,7	6,6	4,3	3
Республика Беларусь, Гомельская область, Жлобинский район, п. Металлург-1	12,8	0,3	2,2	3,1	3
<i>Северо-Кавказский федеральный округ</i>					
Республика Карачаево-Черкесия, п. Новая Теберда	11,1	0,4	3,8	7,2	3
Республика Северная Осетия-Алания, с.Нижняя Саниба	48,8	1,8	3,6	6,6	3
<i>Уральский федеральный округ</i>					
Курганская область, г.Курган	16,2	1,3	7,9	15,4	3
Тюменская область, Вагайский район	24,1	0,9	3,4	7,5	3
Челябинская область, г.Магнитогорск	19,7	0,7	3,7	6,6	3
<i>Западная Сибирь</i>					
Ханты-Мансийский автономный округ, г. Нижневартовск	27,2	0,5	1,9	3,7	3
Кемеровская область, г. Кемерово	53,3	1,7	3,2	6,6	4
Новосибирская область, г.Новосибирск (Академгородок)	12,3	0,3	2,6	4,9	3
Томская область, Томский район	17,5	1,1	6,5	11,5	3
Алтайский край, г. Барнаул	15,8	1,7	10,5	20,9	3
Республика Хакасия, Ширинский район, с. Туим	11,3	1	9,2	15,9	3
<i>Восточная Сибирь</i>					

Место отбора пробы	Хср, нг/г	СКО, нг\г	Относит. СКО, %	Относит. размах, %	Число измерений
Республика Саха, г. Якутск	6	0,6	10,5	14,9	3
Республика Бурятия, г. Улан-Удэ	17	1,7	9	12	3
Иркутская область, г. Иркутск	16,4	1,5	10,3	19,7	3
<i>Дальний Восток</i>					
Камчатская область, г. Петропавловск-Камчатский,	15,5	1,2	7,5	13,5	3
Хабаровский край, г. Хабаровск	27,1	1,3	4,7	6,6	3

Примечание: Хср (нг/г) – средняя арифметическая по данной выборке (сумма всех значений, делённую на их количество); СКО (нг/г) – среднее квадратичное отклонение (наиболее распространённый показатель рассеивания значений случайной величины относительно её математического ожидания).

Наглядным подтверждением полученных результатов является гистограмма распределения содержания ртути с кривой плотности нормального распределения и результатами тестов Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса и Хи-квадрат (рисунок 5.1.).

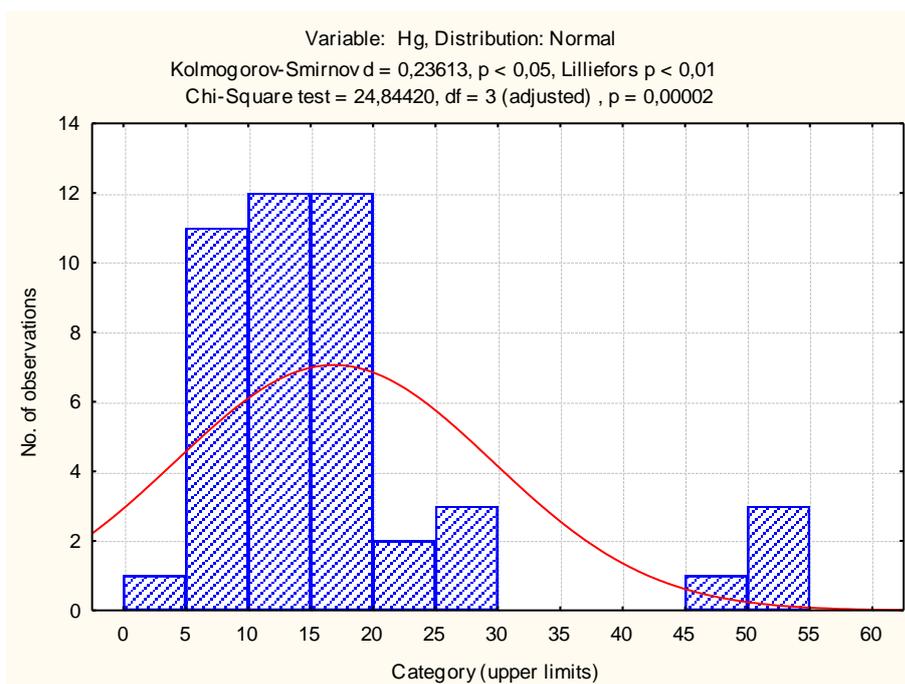


Рисунок 5.1. Гистограмма распределения содержания Hg в рыбе на территории РФ с кривой плотности нормального распределения и результатами тестов Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса и Хи-вадрат

Содержание ртути в рыбе собранной из различных водоемов на территории России варьирует в широких пределах: от 4,3 до 54,7 нг/г. Средняя концентрация ртути в рыбе на территории Российской Федерации составляет

16,7 нг/г. Средняя концентрация ртути в макрофите не превышает фоновых (20 нг/г) [106]. Наблюдается мультимодальное распределение микроэлемента. Все уровни значимости р-тестов Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса и Хи-квадрат дают незначимые отличия гистограммы от кривой плотности нормального распределения [107, 108].

Наблюдается выраженная дифференциация содержания ртути в растениях семейства Рясковых, произрастающих в различных регионах России.

Наиболее высокие концентрации, превышающие фоновые значения для макрофитов, наблюдаются в таких регионах, как: Кировская область (Кирово-Чепецкий район), Республика Северная Осетия (г.Владикавказ), Республика Башкортостан (г.Уфа), Кемеровская область (г. Кемерово). Все эти регионы отличаются наличием крупных источников ртути (рисунок 5.2.).

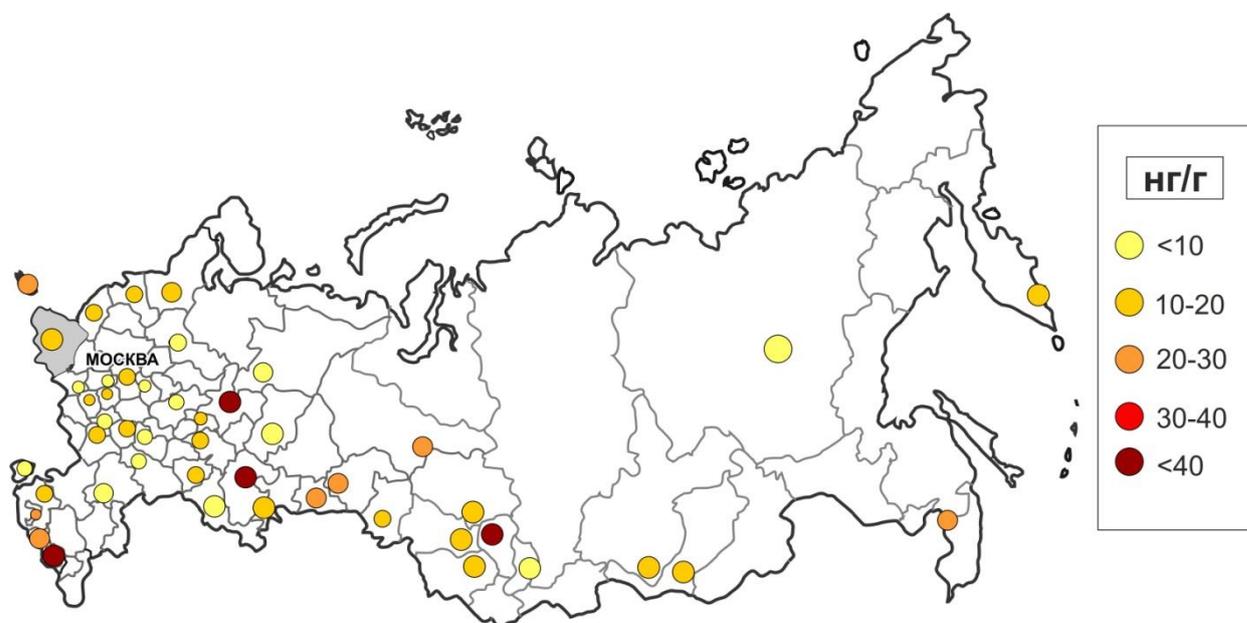


Рисунок 5.2. Карта-схема валового содержания ртути в растениях семейства Рясковые на территории Российской Федерации (нг/г)

Так можно предположить, что наиболее значительное влияние на концентрацию ртути в водных экосистемах имеет хлорно-щелочное производство, т.к. наиболее высокие содержания ртути наблюдаются в Кировской области и Республики Башкортостан. Ряска в данных регионах произрастала в зоне воздействия наиболее крупных в России химических

заводов по выпуску каустической соды и хлора ртутным методом. Также, высокие концентрации ртути зарегистрированы в Северной Осетии и Кемеровской области. Данная ситуация, возможно, связана с природными и частично техногенными источниками ртути. Так на территории Северной Осетии находится сурмяно-ртутное месторождение, а в Кемеровской области мощные угольные разрезы.

Наиболее детально рядом ученых исследована территория, подверженная воздействию от ОАО «Кирово-Чепецкий химкомбинат» (Кирово-Чепецк, Кировская область). Очищенные стоки, содержащие остаточные количества ртути, сбрасываются в р. Елховку, затем, через оз. Просное и р. Просница, поступают в р. Вятка. Исследуемая ряска произрастала в водоеме, располагающемся недалеко от р. Просница. Водоем мог также подвергаться загрязнению во время половодья, когда вода р. Просница выходит из берегов.

Сотрудниками Института биологии Коми НЦ УрО РАН обнаружено, что концентрация ртути в р. Просница составляет  $506 \pm 126$  нг/л, что превышает значение ПДК [94, 83].

На территории Уфы сотрудниками Башкирского государственного университета проведено геохимическое картирование почвенного покрова города, по результатам которого было выявлено, что практически вся территория города имеет степень загрязнения ртутью порядка 0,075-0,100 мг/кг сухой почвы. Исследователи предполагают, что такую ситуацию можно принять за «фоновое загрязнение» [109].

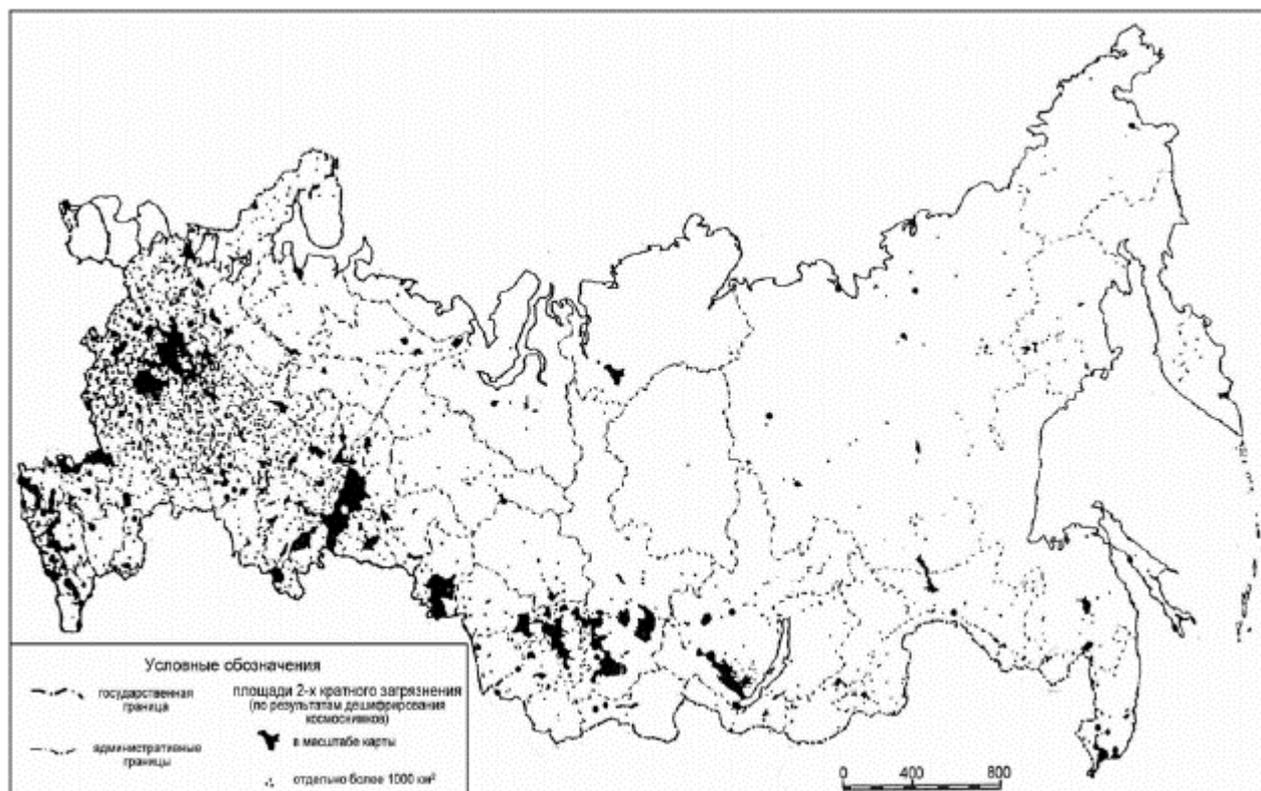
Также полученная карта-схема (рисунок 5.2.) была сопоставлена с картами пространственного анализа экологической ситуации на территории Российской Федерации. В последнее время были опубликованы следующие карты, так или иначе характеризующие экологическую ситуацию в России [110]:

1. «Состояние окружающей природной среды Российской Федерации» масштаба 1:8 000 000 (1996г.), составленная в Институте географии РАН;

2. «Эколого-географическая карта Российской Федерации» масштаба 1:4 000 000, составленная в Московском государственном университете им. М.В.Ломоносова, карта комплексного районирования территории России по экологической и социально-экономической ситуации ИГ РАН;
3. Карты зон хронического загрязнения вокруг городских поселений и вдоль дорог по республикам, краям и областям Российской Федерации;

На рисунке 5.3. приведена карта зон хронического загрязнения, выявленных при изучении ареалов загрязненного снега по снимкам из космоса.

Полученная нами карта-схема частично коррелирует с картой «Зоны хронического загрязнения вокруг городских поселений Российской Федерации» (рисунок 5.2., 5.3.). Наблюдаются зоны хронического загрязнения на территории Северной Осетии, Кемеровской, Челябинской областей, а также республики Башкортостан. На территории всех этих регионов наблюдаются наиболее высокие по России концентрации ртути в ряске.



*Рисунок 5.3. Зоны хронического загрязнения вокруг городских поселений Российской Федерации [110]*

Наблюдается выраженное соотношение урбанизированных и промышленных территорий в Российской Федерации и степени загрязнения субъектов страны (рисунок 5.4., 5.5.). Единственное несовпадение характерно для республики Саха (Якутия), т.к. на территории данного региона, при низкой степени урбанизированности, наблюдается высокая степень экологического напряжения.

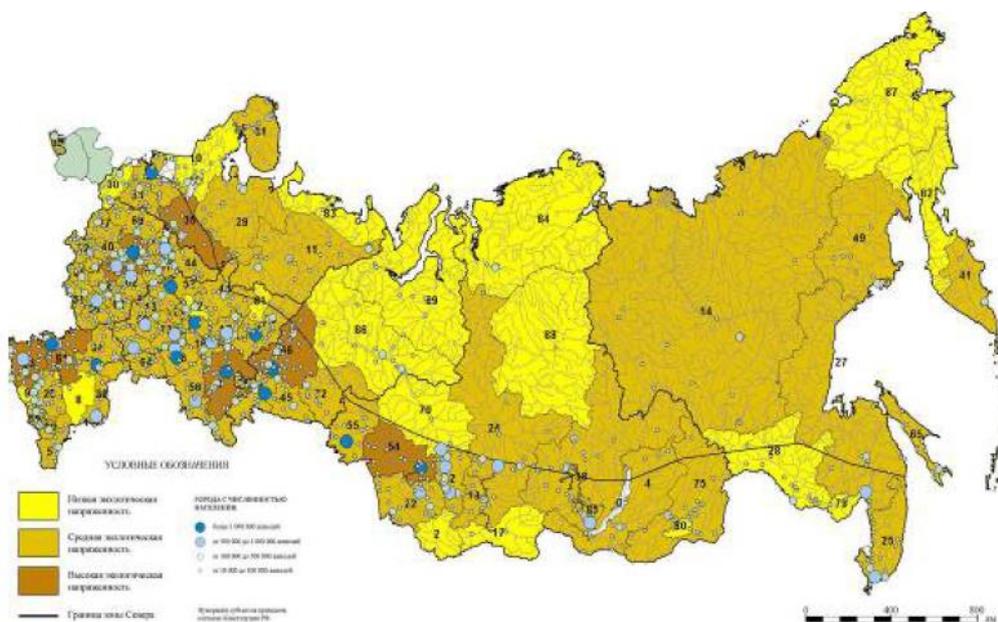


Рисунок 5.4. Комплексная оценка загрязнения субъектов РФ по данным мониторинга Росгидромета [110]



Рисунок 5.5. Соотношение урбанизированных и промышленных территорий в РФ [110]

Наблюдается частичное соотношение степени урбанизированности регионов Российской Федерации с валовым содержанием ртути в исследуемом макрофите. Так, наиболее высокие концентрации ртути зарегистрированы в юго- и юго-западной части страны, на уровне фона для макрофита в европейской части страны и на территории республики Саха (Якутия).

Наиболее подробно нами изучена территория Томского района, которая характеризуется крайне неравномерным распределением промышленных предприятий и населенных пунктов, что создает неравномерную экологическую нагрузку территории.

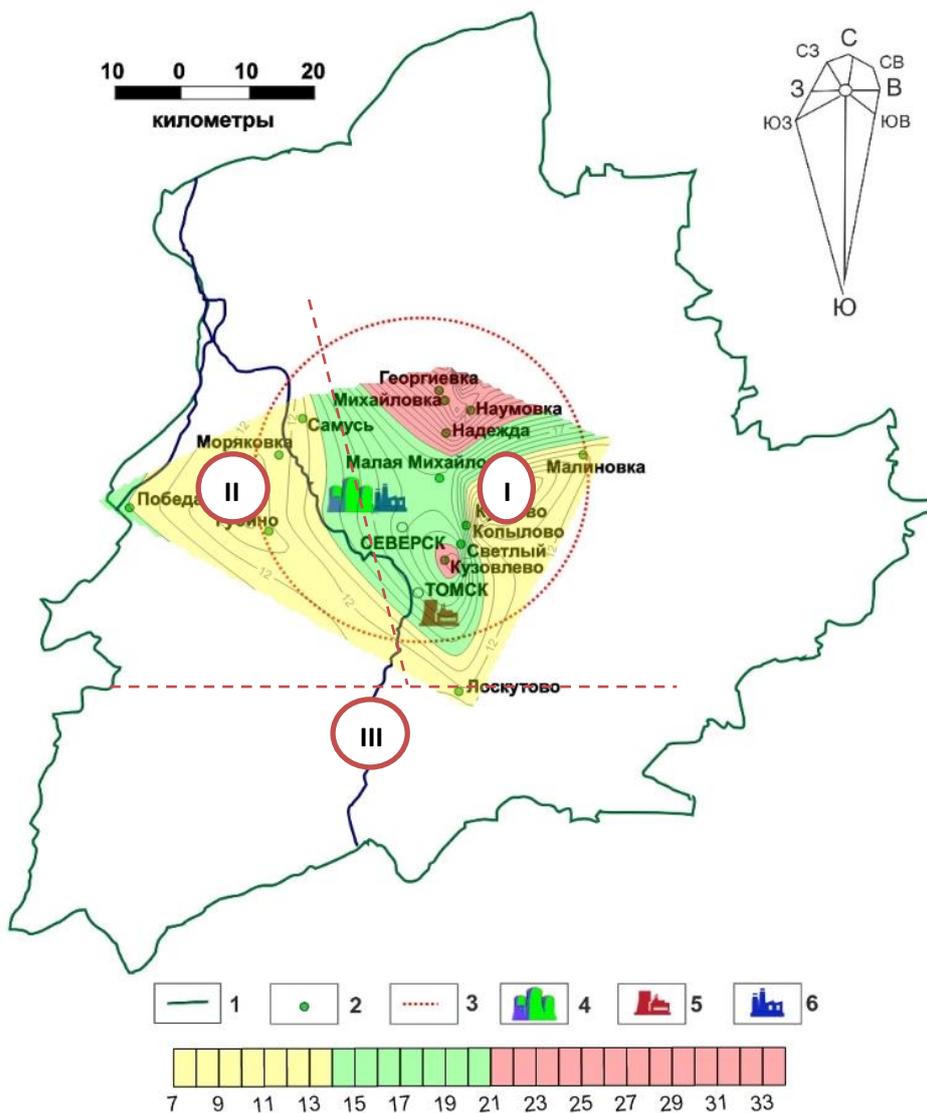
Наиболее напряженными секторами являются север-северо-восточный, юг-юго-западный и западный, непосредственно прилегающие к г. Томску и , находящиеся в 30 километровой зоне влияния предприятий ядерно-топливного цикла Сибирского химического комбината и рядом других.

Основным узлом существования сложных экологических проблем Томского района связаны с, так называемым, Северным промышленным узлом, находящимся на территории северо-восточного, и частично, восточного секторов, относительно Томск-Северской промышленной агломерации. Северный промышленный узел концентрирует на ограниченной территории около 33 предприятий различного направления [111].

Среднее содержание ртути по Томскому району (18 нг/г) не превышает фоновых значений для макрофитов (20 нг/г) [106]. При этом, наблюдаются локальные участки, где содержание ртути значительно превышает фон (20% от всей выборки). К ним относятся такие населенные пункты, как: д. Гиоргиевка, д. Надежда, с. Наумовка, п. Михайловка, что говорит о неравномерном распределении исследуемого микроэлемента по исследуемой территории Томского района. Эти участки преимущественно включают водоемы, расположенные в основной розе ветров от Сибирского химического комбината.

Так, территорию Томского района по содержанию ртути в растениях семейства Рясковые можно разделить на 3 группы. К первой группе относятся населенные пункты, расположенные в зоне воздействия предприятий

Сибирского химического комбината (СХК) и Северного промышленного узла (СПУ) по преобладающей розе ветров (с юго-юго-запада на северо-северо-восток). Ко второй группе относятся населенные пункты, располагающиеся вдоль рек Томь и Обь, где наблюдаются повышение концентрации ртути в ряске по приближению к р. Обь., третья группа представляет собой поселки, расположенные на значительном расстоянии от основных объектов техногенного воздействия, на юге и юго-западной стороне (рисунок 5.6.).



*Рисунок 5.6. Пространственное распределение концентрации ртути на территории Томского района*  
 I-граница Томского района, 2 – места обора проб, 3 – СХК, 4 – Томская ГРЭС-2, 5 – Северская ТЭЦ;  
 I-населенные пункты в зоне воздействия СПУ и СХК; II-населенные пункты расположенные вдоль рек Обь и Томь; III-населенные пункты расположенные на значительном расстоянии от основных техногенных объектов

Наблюдается увеличение концентрации ртути в макрофите по приближению к источнику загрязнения (рисунок 5.7.).

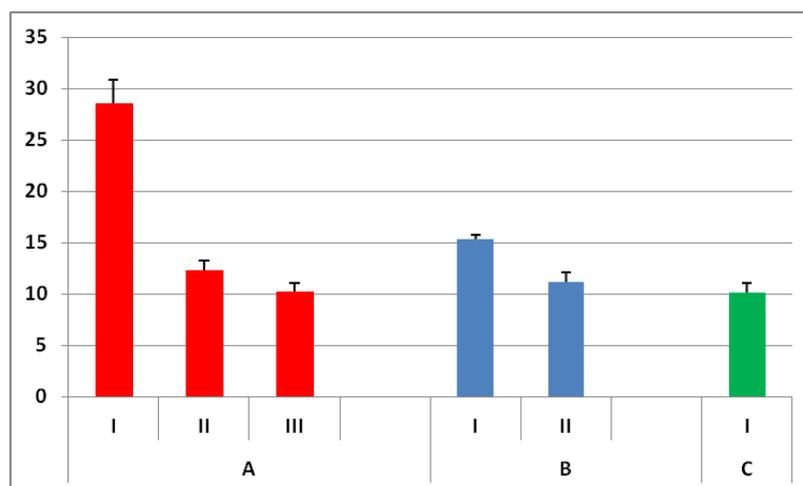


Рисунок 5.7. Содержание ртути в ряске на территории Томского района (нг/г) Населенные пункты сгруппированы по направлениям : А – северо-восточное, В –северо-западное, С – юго-юго-западное; 1-3 – ближняя, средняя и дальние зоны каждого, направления соответственно (см. рис. 5.6.)

В 2013 году на территории Томской области нами был изучен микроэлементный состав ряски, произраставшей в Томском, Александровском и Кожевниковском районах (таблица 5.3.) . Исследования полиэлементного состава ряски также как и содержания в ней ртути доказывают рациональность использования водных растений семейства Рясковые в качестве биогеохимического индикатора окружающей среды.

Результаты анализа элементного состава растений семейства Рясковые на территории Томской области показали, что они способны отражать эколого-геохимическую обстановку территории и могут дать объективную характеристику состояния водоема, в котором они произрастают.

Таблица 5.3. Статистические параметры распределения макро- и микроэлементов (мг/кг) в ряске, произрастающей на территории Томской области

Хим.элемент	$\bar{X}$	Me	Mo	Xmin	Xmax	$\sigma$	S	A	Std.Er r. A
Na	0,43	0,40	Multiple	0,15	1,13	0,31	0,10	1,47	0,72
Ca	2,26	1,67	Multiple	0,63	6,08	1,83	0,60	1,59	0,72
Sc	1,13	0,41	Multiple	0,02	5,67	1,79	0,59	2,52	0,72
Cr	4,26	0,25	0,25	0,25	33,76	11,01	3,69	2,97	0,72

Хим.элемент	$\bar{X}$	Me	Mo	Xmin	Xmax	$\sigma$	S	A	Std.Err. A
Fe	0,83	0,51	Multiple	0,02	2,72	0,85	0,28	1,68	0,72
Co	7,60	5,31	Multiple	2,37	22,22	6,36	2,11	1,72	0,72
Zn	49,75	44,83	Multiple	30,53	81,95	17,36	5,78	1,23	0,72
As	11,50	5,86	Multiple	1,10	62,39	19,36	6,45	2,84	0,72
Br	29,81	21,56	Multiple	13,68	70,89	19,29	6,42	1,34	0,72
Rb	21,78	16,33	Multiple	8,90	41,99	12,74	4,24	0,70	0,72
Sr	110,42	108,44	Multiple	58,02	159,9	37,92	12,6	-0,05	0,72
Ag	0,05	0,05	0,05	0,018	0,05	0,01	0,01	-3,00	0,72
Sb	0,21	0,20	0,03	0,02	0,51	0,17	0,06	0,40	0,72
Cs	0,40	0,19	Multiple	0,01	1,93	0,61	0,20	2,38	0,72
Ba	130,43	127,84	Multiple	5,00	308,1	86,49	28,8	0,91	0,72
La	2,93	1,37	Multiple	0,17	13,65	4,21	1,40	2,54	0,72
Hf	0,50	0,18	Multiple	0,03	2,68	0,85	0,28	2,65	0,72
K	0,08	0,02	0,01	0,01	0,41	0,13	0,04	2,34	0,72
Au	0,01	0,01	Multiple	0,01	0,02	0,01	0,01	0,28	0,72
Ce	6,00	2,56	Multiple	0,25	29,58	9,17	3,06	2,62	0,72
Nd	3,01	1,29	0,50	0,50	12,93	4,08	1,36	2,24	0,72
Sm	0,69	0,49	Multiple	0,01	2,56	0,80	0,27	1,89	0,72
Eu	0,12	0,05	Multiple	0,01	0,61	0,19	0,06	2,51	0,72
Tb	0,12	0,04	0,01	0,01	0,66	0,21	0,07	2,79	0,72
Yb	0,28	0,12	Multiple	0,01	1,30	0,41	0,14	2,37	0,72
Lu	0,04	0,02	Multiple	0,01	0,19	0,06	0,02	2,17	0,72
Th	0,76	0,26	Multiple	0,01	4,14	1,30	0,43	2,73	0,72
U	0,75	0,16	Multiple	0,01	5,14	1,66	0,55	2,95	0,72

Примечание:  $\bar{X}$  – средняя арифметическая по данной выборке (сумма всех значений, делённую на их количество); **Me** – медиана (значение признака, которое лежит в основе ранжированного ряда и делит этот ряд на две равные по численности части); **Mo** – мода (наиболее часто встречающийся вариант ряда); **Xmin** - минимальное значение в данной выборке; **Xmax** – максимальное значение в данной выборке;  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение (наиболее распространённый показатель рассеивания значений случайной величины относительно её математического ожидания); **S** – стандартное отклонение; **A** – асимметрия (свойство распределения выборки, которое характеризует несимметричность распределения случайной величины); **Std.Err. A** – стандартная ошибка асимметрии.

Большое внимание привлек спектр накопления редкоземельных элементов. На территории всех районов Томской области прослеживается одинаковая закономерность концентрации РЗЭ: характерна специфика

накопления легких лантаноидов, преобладание таких химических элементов как La, Ce, Nd (рисунок 5.8.).

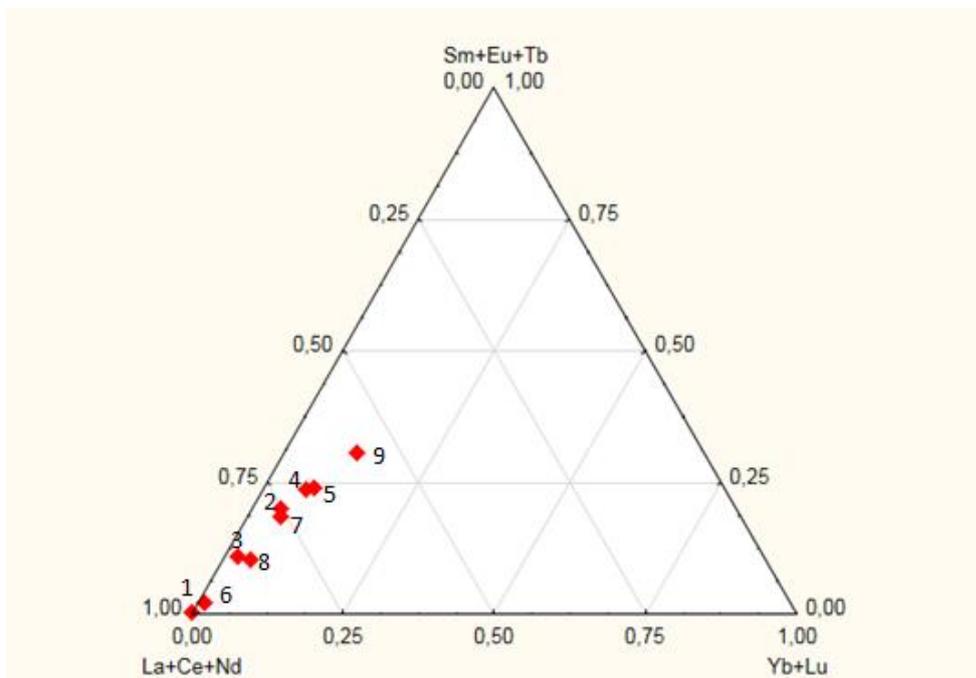


Рисунок 5.8. Соотношение легких, средних и тяжелых лантаноидов в ряске на территории Томской области.

Населенные пункты: 1-3 – г. Стрежевой, 4 – с. Малиновка, 5 – п. Светлый, 6 – д. Лоскутово, 7 – п. Копылово, 8 – д. Надежда, 9 – п. Осиновка.

Также выстраивается определенная последовательность районов Томской области по содержанию РЗЭ: наименьшая концентрация наблюдается в Александровском районе, затем в Томском, и наиболее высокие значения принадлежат Кожевниковскому району, которые превышают средние значения по Томской области на порядок и на десятки порядков раз (рисунок 5.9.).

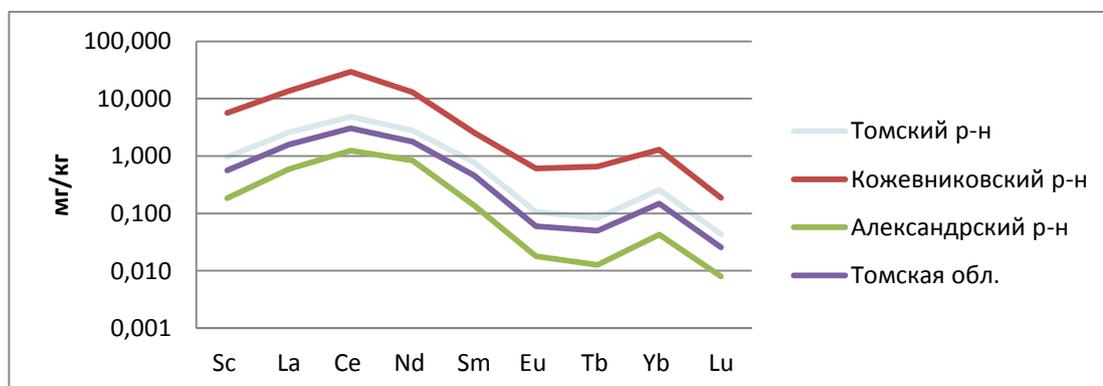


Рисунок 5.9. Содержание РЗЭ в ряске на территории Томской области

Каждый исследованный район Томской области имеет свое индивидуальное «геохимическое лицо». Так в Александровском районе прослеживается большое накопление Tb. В Томском районе прослеживается накопление щелочноземельных элементов (Ba, Sr, Rb), также As, Br, Zn, Co, Ca и некоторых редкоземельных элементов. Очень значительный спектр накопления многих элементов на территории Кожевниковского района. Здесь наблюдается превышение среднего содержания по Томской области на порядок и на десятки порядков многих литофильных, редкоземельных и радиоактивных элементов. Так, к примеру, содержание Th и U в ряске, на данной территории больше на порядок, по отношению к аналогичному, расположенному на других исследованных участках. Такая же аномалия прослеживается в отношении Th/U, которое в Осиновке (Кожевниковский район) меньше 1, что свидетельствует о техногенном загрязнении.

## **Глава 6. Социальная ответственность в организации при оценке влияния геоэкологических обстановок регионов России на биоаккумуляцию ртути рясковой**

Социальная или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) – ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров [112].

Целью данной работы является определение влияния геоэкологических обстановок регионов России на биоаккумуляцию ртути в водных растениях семейства Рясковые.

В данном разделе рассматриваются условия труда учебно-научной лаборатории микроэлементного анализа. Рабочее место расположено на пятом этаже здания (20 корпус ТПУ), имеет естественное и искусственное освещение. Общая площадь помещения 18 м<sup>2</sup>. Длина помещения 6 м, ширина 3 м. В данной лаборатории использовался анализатор ртути РА 915+ с приставкой Пиро - 915+ для определения валового содержания ртути в ряске. Комплект анализатора ртути: анализатор РА-915+, приставка РП-92; дозатор 1 - 5 мл; весы лабораторные; программное обеспечение. В аудитории имеется 3 персональных компьютера. Выполнение данной выпускной квалификационной работы осуществлялось с помощью прикладного программного обеспечения. Результаты заносились в базу данных. Затем они обрабатывались в электронных таблицах «Microsoft Excel» и др. При этом использовались: цветной монитор, клавиатура, мышь, системный блок.

Цель данного раздела: проанализировать опасные и вредные факторы при данном виде организационной деятельности и решить вопросы обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

### **6.1. Профессиональная социальная безопасность**

Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении камеральных работ в этом помещении описаны в таблице 6.1. в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 [113]

*Таблица 6.1. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении камеральных и лабораторных работах при оценке влияния геоэкологических обстановок регионов России на биоаккумуляцию ртути в водных растениях семейства Рясковые.*

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные Документы
	Вредные	Опасные	
1. Определение содержания ртути в растительных пробах сложного состава на ртутном анализаторе РА+; 2. Обработка информации на ПК (построение графиков, диаграмм; обработка базы данных);	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2. Отклонение показателей микроклимата в помещении; 3. Монотонный режим работы	1. Электрический ток  2. Пожарная опасность*	ГОСТ 12.0.003-74.ССБТ [113]; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [114]; СНиП 2.2.4.548-96 [117]; ГОСТ 12.1.038-82.ССБТ [115]; ГОСТ 12.1.004-91.ССБТ [116];

Примечание: Пожароопасность описана как ЧС

#### **6.1.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)**

##### *1. Недостаточная освещенность рабочей зоны*

В помещении, где находится рабочее место, есть естественное и искусственное освещение. Естественное освещение осуществляется с помощью световых проемов. Естественное освещение нормируется по «коэффициенту естественной освещенности» (КЕО) или (е) естественного освещения. Коэффициент естественной освещенности равен:

$$КЕО=(E/E_n)*100\%,$$

где E – освещенность (измеренная) на рабочем месте, лк;

$E_n$  – освещенность на улице (при среднем состоянии облачности), лк.

Обеспечивается коэффициент естественного освещения (КЕО) не ниже 1,5%.

Недостаточная освещенность рабочего места уменьшает остроту зрения, также вызывает утомление организма в целом, что приводит к снижению производительности труда и увеличению опасности заболеваний.

## *2. Отклонение параметров микроклимата*

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температур воздуха и поверхностей, относительной влажности воздуха, скорости движения воздуха и интенсивности теплового излучения. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма [114].

Оптимальные микроклиматические условия, при воздействии на человека в течение рабочей смены, обеспечивают сохранение теплового состояния организма и не вызывают отклонений в состоянии здоровья. Допустимые микроклиматические условия могут приводить к незначительным дискомфортным тепловым ощущениям. Возможно временное (в течение рабочей смены) снижение работоспособности, без нарушения здоровья [114].

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются [114]:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;

Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт). Для данной категории допустимые нормы микроклимата представлены в таблице 7.1.1. [114].

Таблица 6.1.1. - Оптимальные нормы микроклимата для помещений с ВДТ и ПЭВМ (СанПиН 2.2.4.548 – 96) [117]

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С0		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактич.	Оптимальные	Фактич.	Оптимальные	Фактич.	Оптимальные
Холодный	легкая	23	22-24	45	40-60	0,1	0,1
Теплый	легкая	25	23-23	45	40-60	0,1	0,1

### 3. Монотонный режим работы

Известно, что на работоспособность, помимо рабочей нагрузки в реальной трудовой, влияют и неблагоприятные условия труда, вытекающие из характера самой выполняемой работы. Так на работоспособность активно влияет фактор монотонности.

Для того, чтобы избежать утомляемость, необходимо каждые 2 часа делать 15 минутные перерывы, а также ,желательно, стараться более 4 часов не заниматься одной и той же работой, необходимо менять вид деятельности и обстановку.

Специальная оценка условий труда – это единый комплекс последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных, а также опасных факторов производственной среды и трудового процесса. На базе данного комплекса осуществляется оценка уровня всех воздействий на работника, учитывая отклонения их фактических значений, от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации, федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда, также применяются средства индивидуальной и коллективной защиты работников.

Для достижения допустимого уровня микроклимата необходимо наличие системы вентиляции, необходимого количества обогревательного

оборудования. Работающим на персональных компьютерах показана психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях во время регламентированных перерывов и в конце рабочего дня. Материалы для отделки интерьеров рабочих помещений должны быть разрешены для применения органами и учреждениями Государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [118] проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования) работников, занятых на работах с вредными веществами.

### ***6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)***

#### *1. Электрический ток*

Электрические установки, к которым относится практически все оборудование ЭВМ, а также ртутный анализатор РА-915+, все это является потенциальной опасностью для человека, так как в процессе эксплуатации или проведении профилактических работ человек может коснуться частей, которые находятся под напряжением. Специфической опасностью электроустановок являются токоведущие проводники оборудования, которые оказались под напряжением в результате повреждения изоляции, не подающих каких-либо сигналов, предупреждающие человека об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека.

Электрический ток – это скрытый тип опасности. Затруднительно определение в частях оборудования электрического тока. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, превышающий 0,05А, ток менее 0,05А является безопасным (до 1000 В). Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация работы, заключающаяся в соблюдении правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок, и правил устройства электроустановок.

Комната, в которой выполнялась работа, относится к категории помещений без повышенной опасности. Однако, возможность поражения электрическим током, все-таки, существует, т.к. ЭВМ работает от источника тока. Для того чтобы исключить опасность поражения электрическим током, необходимо соблюдать правила электрической безопасности:

1) Перед включением компьютера в сеть необходимо визуально проверить электропроводку на отсутствие видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус компьютера;

2) При появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети ЭВМ и устранить неисправность;

3) Запрещается при включенной ЭВМ одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление.

Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

Для защиты от поражения электрическим током, в случае повреждения изоляции, должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении [119]:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Поэтому к работе на ПК допускаются лица, прошедшие обучение безопасным методам труда, вводный инструктаж, первичный инструктаж на

рабочем месте. Каждый работник должен знать правила первой медицинской помощи при поражении электрическим током, для того, чтобы быть готовым оказать помощь другим работникам.

Напряжения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 6.1.2. [115].

*Таблица 6.1.2. Предельно допустимые значения напряжений и токов [115]*

Род тока	Напряжение (U), В	Сила тока (I), мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

## **6.2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Нередко, при определенных работах, в лабораториях возникает опасность пожара.

Здание, в котором располагается наша рабочая аудитория, по пожарной опасности относится к категории В – производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов (компьютерная техника, предметы мебели).

Условия развития пожара в зданиях и сооружениях определяются степенью их огнестойкости. Степень огнестойкости – это способность здания сопротивляться разрушению при пожаре. Здания и сооружения по степени огнестойкости можно подразделить на пять степеней. Степень огнестойкости здания зависит от возгораемости и огнестойкости основных строительных конструкций, а также от пределов распространения огня по этим конструкциям.

Степень огнестойкости здания II согласно. Основные части зданий I, II степени огнестойкости не сгораемые и различаются лишь пределами огнестойкости строительных конструкций. В зданиях II степени максимальный

предел распространения огня, составляющий 40 см, может быть допущен только для внутренних несущих стен (перегородок).

Огнетушители предназначены для тушения возгораний и пожаров в начальной стадии их развития. По виду огнегасительных веществ огнетушители можно подразделить на: химические пенные, углекислотные, аэрозольные, порошковые, воздушно-пенные, а также жидкостные.

В настоящее время для производственных помещений предприятия основными являются углекислотные огнетушители. Тушение происходит вследствие изоляции горящего предмета от кислорода и сильного охлаждения зоны горения. Первичными средствами пожаротушения являются ручные огнетушители типа ОУ-2, ОУ-3. Эти огнетушители предназначены для тушения различных веществ, а также электроустановок под напряжением до 10Кв.

Пожароопасность, главным образом, представлена оголенными токоведущими частями электропроводки, коротким замыканием проводки, перегрузки электросети, статическим электричеством. Возможными причинами возникновения пожара могут быть: неправильное устройство и эксплуатация отопительных систем (использование обогревателей), неисправность вентиляционных систем, неосторожное обращение с огнем персонала и т.д.

Способ тушения пожара зависит от причины, которая обуславливает его возникновение, от характера горящего объекта. Если в лаборатории возник пожар и есть угроза его распространения, необходимо использовать имеющиеся под руками средства тушения, при этом, необходимо вызвать местную пожарную охрану.

Если загорелись деревянные предметы, пожар можно тушить водой, песком, а так же с помощью огнетушителя. Если горит нерастворимое в воде вещество (например, бензин, скипидар и др.), то нельзя применять для тушения воду, так как она может усилить пожар. Нерастворимые в воде органические вещества следует тушить песком (можно накрыть асбестом или кошмой).

Если горящее вещество растворимо в воде (например, спирт или ацетон), его можно гасить водой. Во всех случаях весьма пригодным средством

тушения является четыреххлористый углерод. При соприкосновении с огнем он образует тяжелые пары, обволакивающие горящее место; доступ воздуха уменьшается и горение прекращается [116].

В исследуемом помещении обеспечены следующие средства противопожарной защиты:

- «План эвакуации людей при пожаре»;
- Памятка соблюдения правил техники пожарной безопасности;
- Системы вентиляции для отвода избыточной теплоты от ЭВМ;
- Углекислотный огнетушитель (ОУ-3-ВСЕ);
- Система автоматической противопожарной сигнализации.

В данном помещении не обнаружено предпосылок к пожароопасной ситуации. Это обеспечивается соблюдением норм при монтаже электропроводки, отсутствием электрообогревательных приборов и дефектов в розетках и выключателях.

## Глава 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 7.1. Технико-экономическое обоснование объема работ

Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы проводится с целью определения и анализа трудовых и денежных затрат, направленных на их реализацию, а также уровня их научно-технической результативности.

Целью данной работы является определение влияния геоэкологических ситуаций регионов России на биоаккумуляцию ртути в водных растениях семейства Рясковые.

Изучение валового содержания ртути в макрофитах выполнено в аналитической лаборатории Томского политехнического университета. Использовалась атомно-абсорбционная спектрометрия с методом «холодного пара» на базе научно-образовательного центра «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета.

На основании технического плана рассчитаны затраты времени и труда на стадии лабораторных работ.

Все проведенные виды работ представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 Виды и объемы проектируемых работ

№ п/п	Вид работ	Определение	Метод	Объем		Характеристика
				ед. изм.	кол-во	
1	Лабораторные исследования	Химические элементы	Атомно-абсорбционный	проба	183	Ртуть
2	Камеральная обработка материалов		ПЭВМ			Обработка метериалов

#### 1) Лабораторные работы

Этот этап работ включает подготовку проб к дальнейшему аналитическому изучению, который подразумевает следующие этапы: промывка растительной пробы дистиллированной водой, отчистка от перифитона и пыли, высушивание до воздушно-сухого состояния, измельчение

в агатовой ступке. Далее пробы анализируются на атомно-абсорбционной спектрометрии, каждая анализируемая навеска пробы составляет 50 мг.

## *2) Камеральная обработка материалов*

Камеральная обработка материалов включает: сбор и систематизацию информации об изучаемой территории; изучение результатов анализов проб и их систематизации; анализ характера распределения микроэлемента; собственно, расчет геохимических показателей; оформление полученных данных в виде таблиц, графиков, диаграмм.

### **7.2 Расчет затрат времени и труда по видам работ**

Для расчета затрат времени и труда использовались нормы, изложенные в ССН-92 выпуск 7А «Лабораторные исследования при геолого-экологических работах» [85]. Из справочника взяты следующие данные:

- норма времени, выраженная на единицу продукции;
- коэффициент к норме.

Расчет затрат времени выполняется по формуле:

$$N = Q \times H_{BP} \times K ,$$

где: N-затраты времени, (бригада, смена на м.(ф.н.));

Q-объем работ, (м.(ф.н.));

$H_{BP}$ - норма времени из справочника сметных норм (бригада, смена);

K- Коэффициент за ненормализованные условия;

Затраты времени приведены в таблице 7.2.1.

Расценки, определяемые по материалам настоящего Сборника ССН, применяются только для центральных лабораторий. Так как данные анализы определяются не в аккредитованной лаборатории, полученные расценки используются с применением коэффициента 0.72 [86].

Таблица 7.2.1 Расчет затрат времени и труда

Вид работ	Объем		Норма времени по ССН (Н <sub>вр</sub> )	Коэф-ты (К)	Документ	Итого времени на объем (N)
	Ед. изм	Кол-во (Q)				
2	3	4	5	6	7	8
Определение валового содержания ртути в растительных пробах беспламенный атомно-абсорбционным методом	проба	183	0,26 в бригад. Ч. на 1 опред.	0,72	ССН, вып. 7А, табл.1, стр.4	34,26
Камеральная обработка материалов (с использ. ЭВМ)	проба	183	41,4 на 1000 проб	-	ССН, вып. 2, табл. 60, стр. 3,	7,58
Всего:						41,84

Во время изучения элементного состава исследуемых растительных проб были задействованы один инженер-лаборант 1 категории и один лаборант химического анализа 4-го разряда. Инженер-лаборант занимался обработкой полученных результатов. Все основные анализы проводил лаборант химического анализа. Расчет затрат времени труда для каждого рабочего представлен в таблице 7.2.2.

Таблица 7.2.2. Расчет затрат времени труда каждого рабочего

№	Виды работ	Т	Инженер-лаборант 1 категории	Лаборант химического анализа 4-го разряда
			чел/смен	чел/смен
1	Определение валового содержания ртути в растительных пробах беспламенный атомно-абсорбционным методом	34,26	0,1	34,26

2	Камеральная обработка материалов	7,58	7,58	0,1
Итого:		41,84	7,68	34,36

### 7.3 Перечень и нормы расхода материалов

Нормы расхода материалов для лабораторных и камеральных работ определялись согласно ССН, выпуск 2, а также инструкциям и методическим рекомендациям (таблица 7.3).

Таблица 7.3. Перечень и нормы расхода лабораторных материалов

Наименование	Единица измерения	Цена, руб.	Норма расхода	ССН	Сумма, руб.
Бланки для выписывания результатов анализа	шт.	6	100	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 2	600
Вата медицинская гигроскопическая	кг.	20	1,0	ССН, вып. 2, табл. 142, стр 141	20
Ручка шариковая (без стержня)	шт.	12	2	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 19	24
Стержень для ручки шариковой	шт.	10	2	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 22	30
Пинцет пластмассовый	шт.	102,9	2,0	ССН, вып. 2, табл. 142, стр 141	204,0
Итого:					878

### 7.4. Общая стоимость лабораторных анализов

В таблице 7.4. приведены расценки на проведенные лабораторные испытания и подсчитана общая стоимость всех проведенных методов.

Таблица 7.4. Стоимость проведенных лабораторных анализов

№ п/п	Вид работ	Определение	Метод	Объем		Стоимость ед. работ, руб	Стоимость работ, руб
				ед. изм.	кол-во		
1	Лабораторные исследования	ртуть	Атомно-абсорбционный	проба	180	800	6400
Итого:							6400

### 7.5 Общий расчет сметной стоимости

Общий расчет сметной стоимости оформляется по типовой форме.

Накладные расходы составляют 15% основных расходов. Сумма плановых накоплений составляет 20% суммы основных и накладных расходов. Сумма доплат рабочим равняется 7,9% от суммы основных и накладных расходов. Резерв на непредвидимые работы и затраты колеблется от 3%.

Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы представлен в таблице 7.5.

Таблица 7.5. Сметно-финансовый отчет

Наименование расходов		Един. измер.	Затраты труда	Дневная ставка, руб	Индекс удорожания	Сумма основных расходов
Основная заработная плата:						
Инженер-лаборант 1 категории	1	чел-см	7,70	423	1,022	3329
Лаборант химического анализа 4-го разряда	1	чел-см	34,40	300	1,022	10547
И Т О Г О:	2		42,10			13876
Дополнительная зарплата	7,9%					1096
И Т О Г О:						14972
И Т О Г О: с р.к.=	1,3					19464
Страховые взносы	30,0%					5839
И Т О Г О:						25303
Материалы, К <sub>ТЗР</sub> =1,0	5,0%					749
Амортизация	0,5	Смена	42,10	66,22		70
<b>И Т О Г О основных расходов:</b>						<b>26122</b>
<b>И Т О Г О основных расходов</b>						<b>25677,36</b>

## Заключение

По результатам исследования обнаружена дифференциация содержания ртути в растениях семейства Рясковые, произрастающих в различных регионах России.

Наиболее высокие концентрации, превышающие фоновых значений для макрофитов, наблюдается в таких регионах, как: Кировская область (Кирово-Чепецкий район), в Республике Северная Осетия (г. Владикавказ), Республика Башкортостан (г.Уфа), Кемеровская область. Все эти регионы отличаются наличием крупных природных и антропогенных источников ртути (химические заводы по производству ртути, угольные и сурмяно-ртутные месторождения).

Более детально был изучен Томский район. Среднее содержание ртути в ряске на территории Томского района не превышает фоновых значений для макрофитов (16,8 нг/г) [106]. При этом, наблюдаются локальные участки, где содержание ртути значительно превышает фон (20% от всей выборки). Эти участки преимущественно включают водоемы, расположенные в основной розе ветров от Сибирского химического комбината.

Территорию Томского района можно разделить на 3 группы по содержанию ртути в ряске. К первой группе относятся населенные пункты, расположенные в зоне воздействия предприятий Сибирского химического комбината и Северного промышленного узла по преобладающей розе ветров (содержание ртути в ряске в данной группе варьируют от 20 нг/г до 35 нг/г). Ко второй группе относятся населенные пункты, располагающиеся вдоль рек Томь и Обь, в которой повышенные концентрации ртути в ряске по мере приближения к р. Обь (содержание ртути в ряске в данной группе варьируют от 12 нг/г до 17 нг/г). Третья группа представляет собой населенные пункты, расположенные на значительном расстоянии от основных объектов техногенного воздействия, на юге и юго-западе стороне (концентрация ртути в ряске < 10 нг/г).

Результаты анализа элементного состава растений семейства Рясковые на территории Томской области показали, что они способны отражать экологи-

геохимическую обстановку территории и могут дать объективную характеристику состояния водоема, в котором они произрастают.

## Список используемой литературы

1. Slemr F. Trends in atmospheric mercury concentrations over the Atlantic Ocean and at the Wank summit, and the resulting constraints on the budget of atmospheric mercury // Global and regional mercury cycles: sources, fluxes and mass balances / Eds. W. Baeyens, R. Ebinghaus. – Dordrecht; Boston; London: Kluwer Academic publishers, 1996. – NATO ASI. Ser.2: Environment. – Vol. 21. – P. 33-84
2. Малюга Н.Г. Биоиндикация загрязнения воды тяжелыми металлами с помощью представителей семейства рясковых - Lemnaceae. / Н.Г. Малюга, Л.В. Цаценко, Л.Х. Аветянц // Экологические проблемы Кубани. - Краснодар.: КГАУ, - 1996. – С.153-155.
3. Бруновский Б.К. О содержании радия в некоторых растениях. / Б.К. Бруновский, К.Г. Кунашева // Докл. АН СССР, - 1930. - Серия А, №20
4. Вернадский В.И., О концентрации радия живыми организмами // Докл. АН СССР, – 1929. – N2. – С. 33 - 34
5. Вернадский В.И. О химическом элементарном составе рясок (Lemna) как видовом признаке. // Живое вещество и биосфера. - М.: "Наука", 1994. - С. 473-476.
6. Янин Е.П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. М.: ИМГРЭ, 1992. – 167 с.
7. Химический энциклопедический словарь / Под ред. И.Л. Кнунянца. – М.: Сов. Энциклопедия, 1983. – 792 с.
8. Трахтенберг И.М. Ртуть и ее соединения / И.М. Трахтенберг., М.Н. Коршун // Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп: Справ. изд. / Под ред. В.А.Филова – Л.: Химия, 1988, – С. 170-188
9. Рабинович В.А. Краткий химический справочник. – Л.: Химия, 1977. – 376 с.

10. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния: Пер. с англ / Дж. В. Мур Дж., С. Рамамурти. – М.: Мир, 1983. – 200 с.
11. Гладышев В.П. Аналитическая химия ртути / В.П. Гладышев, С.А. Левицкая, Л.М. Филипова. – М.: Наука, 1974. – 228 с.
12. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – Ч. 2. – 494 с.
13. Некрасов Б.В. Основы общей химии. – М.: Химия, 1967. – Т. 2. – 400 с.
14. Прокофьев А.К. Химические формы ртути, кадмия и цинка в природных средах // Успехи химии. – 1981. – Т. 50, вып. 1. – С. 54-84
15. Ртуть. Критерии санитарно-гигиенического состояния окружающей среды: Пер. с англ. – Женева: ВОЗ, 1989. – 150 с.
16. Трахтенберг И.М. Ртуть и ее соединения в окружающей среде. / И.М. Трахтенберг, М.Н. Коршун. – Киев: Выща шк., 1990. – 232 с.
17. Т.Г. Лапердина. Определение ртути в природных водах. – Новосибирск: Наука, 2000. – 222 с.
18. Мангасарова Р.Т. К вопросу о биологической роли ртути как микроэлемента: Автореф. Дис. ...канд. мед. наук. – Ашхабад, 1974. – 19 с.
19. Казначеев С.В. Воздействие ртути и ее соединений на организм человека в экологических системах / С.В. Казначеев, В.Д. Дарянин // Поведение ртути и других тяжелых металлов в экосистемах: Аналитический обзор. – Новосибирск: ГПНТБ СО АН СССР, 1989. – Ч. II: Процессы биоаккумуляции и экотоксикологии. – С. 122-146
20. Organometallic compounds in the environment. Principles and reactions / Ed.by P.J. Craig. – Longman Group Limited, 1986. – 368 p.
21. ГОСТ 12.1.005.-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1989. – 45 с.

22. Методические указания. МУ 2.1.7.730 -99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. – 38 с.
23. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М.: Главрыбвод, 1990. – 44 с
24. ГН 2.1.7.2041–06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 3 с.
25. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.1.4.559-96). М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1996. – 111 с.
26. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.560-96. Изд. офиц. М.: ЗАО «Деловой центр» и фирма «Интерсен», 1997.
27. Герлах С.А. Загрязнение морей: Пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 263 с.
28. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ / А. Кабата-Пендиас , Х. Пендиас . – М.: Мир, 1989 – 439 с.
29. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. – М.: Недра, 1990. – 248 с.
30. Озерова Н.А. Ртуть и эндогенное рудообразование. – М.: Наука, 1986. – 230 с.
31. Сауков А.А. Геохимия. – М.: Наука, 1975. – 480 с.
32. Степанов В.А. Геология золота, серебра и ртути / В.А. Степанов, В.Г. Моисеенко. – Владивосток: Дальнаука, 1993. – 228 с.
33. Downs S.G. Mercury in precipitation and its relation to bioaccumulation in fish: a literature review / S.G. Downs, C. L. MacLeod, J.N. Lester // Water, Air and Soil Pollution, 1998. – Vol. 108. – N 1- 2. – P. 149 – 187

34. Федорчук В.П. Геологический справочник по ртути, сурьме, висмуту / В.П. Федорчук, Э.Ф. Минцер. – М.: Недра, 1990. – 215 с.
35. Трухин Ю.П. Ртуть в современном гидротермальном процессе / Ю.П. Трухин, И.И. Степанов, Р.А. Шувалов – М.: Наука, 1986. – 199 с.
36. Ferrara R. Mercury mines in Europe: Assessment of emission and environmental contamination // Mercury contaminated sites: Characterization, risk assessment and remediation / Eds. by R. Ebinghaus., R.R. Turner et al. – Berlin; Heidelberg: Springer – Verlag, 1999. – P. 51-72
37. Тютиков С.Ф. Ртуть в окружающей среде и в организме животных в Центральном черноземье // Гигиена и санитария, 1999. - № 9. – С. 13-15
38. Майстренко В.Н. Эколого-аналитический мониторинг супертоксиантов / В.Н. Майстренко, Р.З. Хамитов, Г.К. Будников . - М.: Химия, 1996. – 319 с.
39. Мальгин М.А. Ртуть в почвах, почвенном и приземном воздухе Алтае-Саянской горной области / М.А. Мальгин, А.В. Пузанов // Химия в интересах устойчивого развития, 1995. – Т. 3, № 1 – 2. – С. 161-173
40. Лапердина Т.Г. Ртутное загрязнение окружающей среды в зонах влияния золотодобывающих предприятий Забайкалья / Т.Г. Лапердина, А.В. Тупякова, А.И. Егоров и др. // Химия в интересах устойчивого развития, 1995. – Т. 3, № 1 – 2. – С. 57-68
41. Фурсов Г.С. Баланс распределения ртути между средами // Докл. АН., 1997. – Т. 353, № 4. – С.527-530
42. Аношин Г.Н. Ртуть в окружающей среде юга Западной Сибири / Г.Н. Аношин, И.Н. Маликова, С.И. Ковалев // Химия в интересах устойчивого развития, 1995. – Т. 3, № 1 – 2. – С. 69 - 111.
43. Lacerda L.D. Salomons W. Mercury from gold and silver mining: a chemical time bomb? – Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1998. – 147 p.
44. Mukherjee A.B. Advanced technology available for the abatement of mercury pollution in the metallurgical industry // Mercury contaminated sites: Characterization, risk assessment and remediation / Edit. By R. Ebinghaus, R.R.

- Turner, L.D. de Lakerda et. al. – Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1999. – P.133-142
45. Айдинян Н.Х. Определение малых количеств ртути в природных объектах // Труды ИГЕМ АН СССР. – 1960. – вып. 46. – С. 98-108
46. Burkay T. Mercury biotransformations and their potential for remediation of mercury / T. Burkay, R. Turner, E. Saouter et al // Biodegradation, 1992. – Vol. 3. – P. 147-159
47. Овчинников А.М. Гидрогеохимия. М., Недра, 1970. – 199 с.
48. Weiss H.V. Mercury in a Greenland ice sheet: evidence of recent input by man / H.V. Weiss, M. Koide, E.D. Goldberg // Science, 1971. - v. 174, № 4010. - P. 692-694.
49. Иванов В.В. Ртуть // Экологическая геохимия элементов. М., Экология, кн. 5, 1997. – С. 495-562.
50. Варшал Г.М., Кощеева И.Я., Хашватова Б.Д. и др. Взаимодействие ртути с гуминовыми кислотами как определяющий фактор механизма и концентрирования в объектах окружающей среды // Разведка и охрана недр, 1998. – № 3. – С. 29-31
51. Nriagu J.O., Pacina J.M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals // Nature, 1988, v. 333, № 6169, p. 134-139
52. Воронская Г.Н., Николишин И.Я., Фомин Б.Н., Ноздрюхин В.В. Сезонная динамика содержания и поведения ртути в почве биополигона «Ледник Абрамова» // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1988. – т. XI. – С. 76-83
53. Корж В.Д. Геохимия элементного состава гидросферы. М.: Наука, 1991. – 243 с.
54. Lindqvist O., Johansson K., Aastrup M., Anderson A., Bringmark L. and al. Mercury in the Swedish environment — recent research on causes, consequences and corrective methods // Water, Air and Soil Pollution, 1991. – № 55. – P. 1-261

55. Сухенко С.А., Васильев О.Ф. Ртуть в бассейне р. Катунь: пример проявления природного источника загрязнения // *Химия в интересах устойчивого развития*, 1995. – № 1. – С. 121-141
56. Mason R.P., Fitzgerald W.F., Morel F.M. The biogeochemical cycling of elemental mercury: anthropogenic influences // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1994. – v. 58. – P. 3191—3198
57. Росляков Н.А., Кириллова О.В. Ртутное загрязнение окружающей среды при добыче золота в России // *Химия в интересах устойчивого развития*. 1995. – № 3. – С. 43-55
58. Сапрыкин А.В., Вижин В.В., Сагдеев Р.З. Ртуть в природных водах. Переоценка уровня содержания в связи с совершенствованием методов определения // *Химия в интересах устойчивого развития*, 1995. – № 1. – С. 113-117
59. Ивашев. П.В., Сиротский С.Е. Тяжелые металлы в ихтиофауне озерных экосистем Приамурья // *Биогеохимические и геоэкологические процессы в экосистемах*. Владивосток: Дальнаука, 2005. – С. 130-139
60. Папина Т.С. Ртуть в бассейне р. Томь / Т.С. Папина, С.В. Темерев, С.С. Эйрих // *Химия в интересах устойчивого развития*, 1995. – № 1. – С. 143-149
61. Ртуть в абиотических и биотических компонентах озер северо-запада России / И.К. Степанова, В.Т. Комова // *Экология*, 1996. – № 3. – С. 198—202
62. Степанова И.К. Ртуть в абиотических и биотических компонентах озер северо-запада России // *Экология*, 2000. – № 6. – С. 198—202.
63. Mastrine J.A. Mercury concentrations in surface waters from fluvial systems draining historical precious metals mining areas in southeastern USA / J.A. Mastrine, J-C.J. Bonzogo, W.B. Lyons // *Appl. Geochem.*, 1999. – v. 14. – P. 147-158

64. Антипов А.Б. Мониторинг ртути в окружающей среде / А.Б. Антипов, Е.Ю. Генина, Н.Г. Мельников // Химия в интересах устойчивого развития, 1999. – № 1. – С. 19-28
65. Воротников Б.А. Особенности химического состава природных вод Новосибирского водохранилища / Б.А. Воротников, В.С. Кусковский, Г.Н. Аношин // Обской вестник, 1999. – № 3. – С. 48-61
66. Смоляков Б.С. Проблема кислотных выпадений на севере Западной Сибири // Сибирский экологический журнал, 2000. – № 1. – С. 21-30
67. Андреева М.П. Эколого-геохимическое состояние природных вод зоны активного водообмена юга Кузбасса / М.П. Андреева, Е.В. Домрочев // Изв. Томского политехн. ун-та, 2007, т. 311. – № 1. – С. 137-140
68. Гребенщикова В.И. Оценка состояния ртутного загрязнения на территории, окружающей ООО «Усольехимпром» (Иркутская область) / В.И. Гребенщикова, Е.В. Бутаков, О.Г. Зеленая // Проблемы геохимии эндогенных процессов и окружающей среды (Материалы конференции). Иркутск, 2007. т. 1. – С. 151-155
69. Королева Г.П. Ртуть и металлы – экотоксиканты во влажных атмосферных выпадениях и оценка их поступления в природные воды (Южное Прибайкалье) / Г.П. Королева, Е.А. Руш, Л.Д. Андрулайтис и др. // Проблемы геохимии эндогенных процессов и окружающей среды (материалы конференции). Иркутск, 2007. т. 1. – С. 178-181
70. Китаев Н.А. Ртуть в окружающей среде Южного Прибайкалья / Н.А. Китаев, В.И. Гребенщикова, Э.Е. Лустенберг, И.С. Ломоносов, П.В. Коваль // Геоэкология, 2008. – № 6. – С. 517-530
71. Ю.В. Робертус. Уровни присутствия и особенности поведения ртути в природных объектах района Акташского ГМП / Ю.В. Робертус, А.В. Пузанов, Р.В. Любимов и др. // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты : материалы Междунар. симп. (Москва, 7-9 сент. 2010 г.). - М., 2010. – С. 144-149

72. Леонова Г.А. Геохимическая роль планктона континентальных водоемов Сибири в концентрировании и биоседиментации микроэлементов / Г.А. Леонова, В.А. Бобров – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2012. – 314с.
73. Леонова Г.А. Биогеохимическая индикация загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами // Вод. ресурсы, 2004. – №2. – С. 215-222
74. Комов В. Т. Содержание ртути в органах и тканях рыб, птиц и млекопитающих европейской части России // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: Материалы Междунар. симпоз. (Москва, 7-9 сент. 2010 г.). М., 2000. – С. 14-19.
75. Гашкина Н.А. Биоаккумуляция ртути в организме рыб в водоемах Европейской части России / Г. Н.А. Гашкина, Т.И. Моисеенко, Л.П. Кудрявцева // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты : материалы Междунар. симп. (Москва, 7-9 сент. 2010 г.). - М., 2010. – С. 262-263
76. Голованова И.Л. Влияние ртути на пищеварение у животных различных систематических групп // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты : материалы Междунар. симп. (Москва, 7-9 сент. 2010 г.). - М., 2010. – С. 263-268
77. Комов В.Т. Содержание ртути в органах и тканях русской выхухолы / В.Т. Комов, А.И. Землянухин, В.А. Гремячих // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты : материалы Междунар. симп. (Москва, 7-9 сент. 2010 г.). - М., 2010. – С. 270-273
78. Остроумов С.А. Ртуть в мягких тканях и раковинах двустворчатых моллюсков / С.А. Остроумов, В.Н. Данилов, С.Д. Хушватова, В.В. Ермаков // Токсикологический вестник, 2009. – № 1. – С. 45-46
79. Ляпина Е.Е. Биомониторинговые исследования ртути в компонентах окружающей среды Западной Сибири / Е.Е. Ляпина, Е.А. Головацкая, И.И. Ипполитов // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: материалы Междунар. симп. (Москва, 7-9 сент. 2010 г.). - М., 2010. – С. 288-293

80. Большаков А.П. К фитогеохимии ртути / А.П. Большаков, Н.И. Дьякова, Л.И. Птушко и др // Биогеохимия растений. Тр. Бурятского ин-та естественных наук, 1969. - вып. 2. – С. 183-189
81. Янин Е.П. Комплексная система безопасности / Е.П. Янин, В.Г. Артамонова, Е.К. Полканова // Сборник материалов III-й научно-технической конференции. СПб.,1999. – С. 126-125
82. Рихванов Л.П. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Н.В. Барановская и др. - Томск: ТПУ, 2006. – 216 с.
83. Барановская Н.В. Закономерности накопления и распределения химических элементов в организмах природных и природно-антропогенных экосистем: автореф. дис. ... д-р. биол. наук: 03.02.08 - Экология. Томск, 2011. 46 с.
84. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы (ССН) выпуск 2. Геолого-экологические работы. Москва: ВИЭМС, 1993. – 152 с.
85. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы (ССН) выпуск 7А. Лабораторные работы при геолого-экологических работах. Москва: «ВИЭМС», 1995. – 56 с.
86. Benoit G. Sources of trace metal contamination artifacts during collection, handling, and analysis of freshwaters // Anal. Chem., 1997. - Vol. 69, N 6 – P. 1006-1011
87. Коваль А.Т. Техногенное загрязнение металлической ртутью районов золотодобычи Амурской области и Хабаровского края / А.Т. Коваль, Ю.Ф. Сидоров, В.А. Нагорный и др. // Сб. докл. семинара «Добыча золота. Проблемы и перспективы». – Хабаровск, 1997. – С. 347-352
88. Реутов Б.Ф. Теплоснабжение страны на грани / Б.Ф. Реутов, В.Г. Именов, А.В. Наумов // Энергия: экономика, техника, экология, 2002. – № 1. – С. 3-8
89. Оценка поступлений ртути в окружающую среду с территории Российской Федерации / К. Лассен, Я. Мааг., Т. Ефимова. и др. – Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ, Датское агентство по охране окружающей среды, 2005. – 312 с.

90. Программа ООН по окружающей среде (подпрограмма ЮНЕП по химическим веществам). Руководство по определению и количественной оценке выбросов ртути (предварительный выпуск), Женева, Швейцария, 2005.
91. Терешина Т.О. География золотопромышленности России // Вестник Московского университета. Сер. 5. География, 2000. – № 4. – С. 27-33.
92. Ксенофонтова М.И. Характеристика химического состава вод и данных отложений крупных водоемов г. Якутска / М.И. Ксенофонтова, Я.Б. Легостаева, П.Е. Яблонская и др. // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 2013. – № 4. – С. 493-500
93. Ашихмина Т.Я. Содержание ртути в компонентах окружающей среды на территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината / Т.Я. Ашихмина, С.Г. Скугорева // Охрана окружающей среды. Экология человека – Екатеринбург: Аграрный вестник Урала, 2009. – № 11. – С. 110-112
94. Никаноров А.М. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах / А.М. Никаноров, А.В. Жулидов, А.Д. Покаржевский. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 144 с.
95. Полуэктов Н.С. Атомно-абсорбционное определение ртути при помощи пламени / Н.С. Полуэктов, Р.А. Виткун // Журн. Аналит. Химии – 1963г. – Т. 18. вып. 1. – С. 37-42
96. Лапердина Т.Г. Методические особенности определение ртути в образцах рыб (на примере Курейского водохранилища) / Т.Г. Лапердина, О.Б. Аскарова, Т.С. Папика и др. Журн. аналит. Химии, 1997. – Т. 52. вып. 6. – С. 651-650
97. МУК 4.1.1472-03 Атомно-абсорбционное определение массовой концентрации ртути в биоматериалах животного и растительного происхождения (пищевых продуктах, кормах и др.)
98. Биогеохимическое районирование и геохимическая экология. Труды Биогеохимической лаборатории, Т. XX – М.: Наука, 1985. – 200с.

99. Батоян В.В. Биогеохимическая индикация состояния Куйбышевского водохранилища по гидробионтам // Биогеохимическая индикация окружающей среды. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1988. – С. 7-8
100. Биогеохимическая индикация окружающей среды: Тез. докл. Всесоюз. семинара, посвящ. 125-летию со дня рождения В.И. Вернадского, 30 марта 1988г. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1988. – 69 с.
101. Кириллов В.В. Биондикация качества поверхностных вод бассейна реки Алей // Ядерные испытания, окружающая среда и здоровье населения Алтайского края. Т. II, кн. 2. Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 1993. – С. 104-117
102. Особенности накопления микроэлементов в высших водных растениях заливов Новосибирского водохранилища / Л.М. Киприянова, Н.Н. Лашинский, М.В. Березин // Сиб. экол. Журн, 1996. – №6. – С. 526-535
103. Тайсаев Т.Т., Коваль П.В., Пастухов М.В. и др. Ртутное загрязнение рыб Осинского залива Братского водохранилища / Т.Т. Тайсаев, П.В. Коваль, М.В. Пастухов и др. // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование: Тр. I Всерос. симп., 7-10 нояб. 2006 г. Чита, 2006. – С. 139-143;
104. Ковекодова Л.Т. Оценка качества отдельных видов промысловых гидробионтов Охотского моря по содержанию металлов и металлоидов // Вестн. Рос. военно-медицинской академии, 2008. – № 3 (23). – С. 106-117
105. Общая теория права [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://isfic.info>, свободный. – Загл. с экрана.
106. Михальчук А.А. Статистический анализ эколого-геохимической информации: учебное пособие / А.А. Михальчук, Е.Г. Языков, В.В. Ершов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 235 с.
107. Галеева, Э. М. Пространственная структура загрязнения депонирующих сред г. Уфы / Э. М. Галеева, Д. С. Теплова // Вестник Башкирского университета., 2015. - Т. 20, № 4. – С. 1251-1254

108. Ашихмина Т.Я. Изучение состояния природного комплекса в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината // Теоретическая и прикладная экология, 2010. – № 3 – С. 18- 26.
109. Мусихина Т.А. Комплексная оценка и районирование экологической опасности и управление экологической безопасностью регионов России: автореф. дис. ...д-р. географ. наук. – Москва, 2011. – 35 с.
110. Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Черногаева Г.М. Антропогенно-измененный природный фон и его формирование в пресноводных экосистемах России / А.М. Никаноров, В.А. Брызгалов, Г.М. Черногаева // Метеорология и гидрология, 2007. – № 11. – С. 62-79
111. ГОСТ 12.0.003-74\*. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - Введ. 01.01.76
112. Инструкция №13-52 по охране труда и правилам безопасности работы на ртутном анализаторе РА-915+ в учебно-научной лаборатории микроэлементного анализа кафедры ГЭГХ. – Томск: Изд. ТПУ, 2011. – 7с.
113. СНиП 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М: Минздрав России, 1997 – 132 с.
114. ГОСТ 12.1.004-91.ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
115. С.И.Ростовцев. Биолого-морфологический очерк рясок. М: Типо-литография В. Рихтер. 1905 – 210 с.
116. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» - М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003. - 97 с.
117. Фролов А.В. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда. – Ростов на Дону: Феникс, 2008 – 750 с.
118. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 И ПУЭ-7. – М.: Норматика. 2014. – 462 с.
119. ГОСТ 12.1.038-82.ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

120. Какарека С.В., Кухарчик Т.И., Хомич В.С., Янин Е.П. О состоянии и проблемах инвентаризации выбросов ртути в атмосферу / С.В. Какарека, Т.И. Кухарчик, В.С. Хомич, Е.П. Янин // Эколого-геохимические проблемы ртути. - М.: ИМГРЭ, 2000. – С. 12-37