Министерство науки и высшего образования РФ

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Биологический факультет

Направление «Биология»

Профиль «Биоэкология»

ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ И ЛИШАЙНИКАХ РЖЕВСКО-СТАРИЦКОГО ПОВОЛЖЬЯ

курсовая работа по дисциплине

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Автор:

Еремеева Олеся Александровна

 3 курс 31 группа

Научный руководитель:

доктор биологических наук,

профессор кафедры ботаники

Мейсурова Александра Фёдоровна

Тверь 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

[Список условных обозначений и сокращений 4](#_Toc59807146)

[ВВЕДЕНИЕ 5](#_Toc59807147)

[ГЛАВА 1. ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ — ЗАГРЯЗНИТЕЛИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 6](#_Toc59807148)

[1.1 Тяжелые металлы 6](#_Toc59807149)

[1.2 Загрязнение среды тяжелыми металлами 7](#_Toc59807150)

[1.2.1 Атмосфера 8](#_Toc59807151)

[1.2.2 Гидросфера 9](#_Toc59807152)

[1.2.3 Почва 10](#_Toc59807153)

[1.2.4 Биота 11](#_Toc59807154)

[1.3 Источники загрязнения среды тяжелыми металлами 12](#_Toc59807155)

[1.4 Методы оценки содержания тяжелых металлов в растениях 13](#_Toc59807156)

[1.4.1 Рентгенофлуоресцентный анализ 14](#_Toc59807157)

[1.4.2 Атомно-абсорбционный метод 15](#_Toc59807158)

[1.4.3 Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой 15](#_Toc59807159)

[1.4.4 Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой 16](#_Toc59807160)

[1.5 Особенности накопления металлов растениями 17](#_Toc59807161)

[Глава 2. ПРИРОДА И ХОЗЯЙСТВО РЖЕВСКО-СТАРИЦКОГО ПОВОЛЖЬЯ 19](#_Toc59807162)

[2.1 Общая характеристика природных условий 19](#_Toc59807163)

[2.2 Климатические особенности 20](#_Toc59807164)

[2.2.1 Геологическое строение, рельеф 20](#_Toc59807165)

[2.2.2 Гидрологические особенности 21](#_Toc59807166)

[2.2.3 Флора, растительность и животный мир 22](#_Toc59807167)

[2.3 Промышленная инфраструктура 24](#_Toc59807168)

[2.3.1 Машиностроение 24](#_Toc59807169)

[2.3.2 Энергетическая отрасль 25](#_Toc59807170)

[2.3.3 Пищевая промышленность 25](#_Toc59807171)

[2.3.4 Производство строительных материалов 26](#_Toc59807172)

[2.3.5 Деревообрабатывающая промышленность 27](#_Toc59807173)

[2.3.6 Химическая промышленность 27](#_Toc59807174)

[2.3.7 Легкая промышленность 27](#_Toc59807175)

[2.3.8 Экологическое состояние территории 27](#_Toc59807176)

[ГЛАВА 3. РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЖЕВСКО-СТАРИЦКОМ ПОВОЛЖЬЕ 28](#_Toc59807177)

[3.1 Характеристика пунктов отбора образцов растений 28](#_Toc59807178)

[3.2 Характеристика пунктов отбора образцов почв 29](#_Toc59807179)

[ВЫВОДЫ 30](#_Toc59807180)

[СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 31](#_Toc59807181)

# Список условных обозначений и сокращений

АО — Акционерное общество

ГОСТ — Государственный стандарт

ГУП — Государственное унитарное предприятие

ЗАО — Закрытое Акционерное Общество

ОАО — Открытое Акционерное Общество

ООН — Организация Объединенных Наций

ООО — Общество с Ограниченной Ответственностью

ПО — Производственное объединение

ТД — Торговый Дом

# ВВЕДЕНИЕ

В наше время в медицине широко используются синтетические лекарственные препараты. Но не стоит забывать, что на протяжении истории человечества для лечения различных заболеваний применяются и лекарственные растения.

Положительное влияние лекарственных растений на организм связано с наличием в их составе полезных микромолекул и макромолекул в хорошо усвояемой форме. Накопление этих молекул в растениях во многом зависит от экологического состояния окружающей среды.

В связи с бурным развитием промышленной индустрии, активным использованием различных видов транспорта содержание тяжелых металлов в окружающей среде значительно возросло. Тяжелые металлы опасны тем, что обладают высокой токсичностью, биохимической активностью, а также способностью к миграции и накоплению. Загрязнение среды тяжелыми металлами ведет к их накоплению и в лекарственных растениях.

Попадая в организм человека, эти элементы могут взаимодействовать с белками и нуклеиновыми кислотами, замещать жизненно важные макромолекулы, влиять на активность ферментов и нарушать соотношение микроэлементов. Применяя лекарственные растения с высокой концентрацией тяжелых металлов в качестве лекарственных средств, человек может спровоцировать в своем организме серьезные нарушения. Поэтому возникает необходимость изучения содержания тяжелых металлов в таких растениях.

Ржевско-Старицкое Поволжье Тверской области является удобной модельной площадкой для исследования содержания тяжелых металлов в лекарственных растениях. С одной стороны, Поволжье представляет собой уникальный природный комплекс; с другой стороны, обладает развитой промышленной инфраструктурой.

# ГЛАВА 1. ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ — ЗАГРЯЗНИТЕЛИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

* 1. **Тяжелые металлы**

Среди химических веществ, оказывающих неблагоприятное воздействие на окружающую среду, выделяют группу тяжелых металлов. В различных научных и прикладных работах авторы по-разному трактуют значение этого понятия. В связи с этим количество элементов, относимых к группе тяжелых металлов, изменяется в широких пределах. В качестве критериев принадлежности используются многочисленные характеристики: атомная масса, плотность, токсичность, распространенность в природной среде, степень вовлеченности в природные и техногенные циклы (Теплая, 2014).

В работах Ю.А. Израэля (1979) в перечне химических веществ, подлежащих определению в природных средах на фоновых станциях в биосферных заповедниках, в разделе тяжелые металлы названы свинец, ртуть, кадмий, мышьяк. С другой стороны, согласно решению Целевой группы по выбросам тяжелых металлов, работающей под эгидой Европейской Экономической Комиссии ООН и занимающейся сбором и анализом информации о выбросах загрязняющих веществ в европейских странах, только цинк, мышьяк, селен и сурьма были отнесены к тяжелым металлам. По определению Н. Реймерса отдельно от тяжелых металлов стоят благородные и редкие металлы, соответственно, остаются только свинец, медь, цинк, никель, кадмий, кобальт, сурьма, олово, висмут, ртуть. В прикладных работах к числу тяжелых металлов чаще всего добавляют платина, серебро, вольфрам, железо, золото, марганец. По классификации Н. Реймерса тяжелыми следует считать металлы с плотностью более 5 г/см3. Для биологической классификации правильнее руководствоваться не плотностью, а атомной массой, т.е. считать тяжелыми все металлы с атомной массой более 40 (Алексеев, 1987). Чаще всего к тяжелым металлам относят кадмий, свинец, ртуть, цинк, медь, висмут, кобальт, никель, железо, олово, сурьму, марганец, хром, молибден и мышьяк (Снежко и др., 2011).

Представление об обязательной токсичности элементов, относящихся к тяжелым металлам, является заблуждением. В силу того, что такие элементы, как медь, цинк, молибден, кобальт, марганец, железо способны оказывать положительное биологическое влияние. Некоторые из них получили название микроэлементов, что связано с их концентрациями, в которых они необходимы живым организмам (Алексеев, 1987). Но среди тяжелых металлов имеются также элементы, оказывающие только негативное воздействие. Поэтому, в соответствии с российским ГОСТом, токсичные химические элементы разделяют на три класса: высокоопасные, умеренно опасные и малоопасные. К высокоопасным относят мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк. Умеренно опасными считаются кобальт, никель, молибден, медь, сурьма. Малоопасными являются ванадий, барий, вольфрам, марганец, стронций.

Таким образом, химические элементы, относящиеся к группе тяжелых металлов, могут оказывать положительное биологическое влияние, если их концентрации не превышают нормы. Также среди этой группы встречаются элементы, оказывающие только токсическое воздействие. При этом степень опасности тяжелых металлов неодинакова, в связи с этим их делят на классы опасности.

* 1. **Загрязнение среды тяжелыми металлами**

Некоторые тяжелые металлы являются важным компонентом процессов, происходящих в растениях и живых организмах. Однако существенные превышения допустимых концентраций этих элементов оказывают негативное влияние на биоценозы экосистем.

Тяжелые металлы при избыточном попадании в объекты окружающей среды ведут себя как токсиканты и экотоксиканты. При этом к токсикантам относятся элементы и соединения, оказывающие вредное воздействие на отдельный организм или группу организмов, а экотоксикантами являются элементы или соединения, негативным образом воздействующие не только на отдельные организмы, но и на экосистему в целом. Соединения тяжелых металлов, попавшие в окружающую среду в избыточном количестве, загрязняют атмосферный воздух, воду, почву, попадают в растения и живые организмы (Теплая, 2014).

* + 1. **Атмосфера**

Большую опасность для состояния окружающей среды представляет загрязнение воздушного бассейна. В атмосферном воздухе тяжелые металлы находятся в форме органических и неорганических соединений, входящих в состав пыли и аэрозолей (Шишлова и др., 2016). За счет общей циркуляции атмосферы тяжелые металлы могут переноситься на большие расстояния, накапливаться в компонентах окружающей среды и попадать в пищевые цепи (Снежко и др., 2011).

Источниками поступления тяжелых металлов в атмосферный воздух могут являться природные процессы (извержения вулканов, лесные пожары, ветровая эмиссия с поверхности почв и пород, капельный вынос с поверхности океана и т.д.). Также источником может являться хозяйственная деятельность человека, связанная с металлургией, сжиганием топлива, переработкой отходов, энергетической промышленностью и т.п. С ростом автомобильного парка и увеличением городских агломераций, автотранспорт становиться одним из главных источников загрязнения городского воздуха, в том числе и тяжелыми металлами (Юранец-Лужаева и др., 2016).

Известно, что с выбросами предприятий теплоэнергетики в воздух поступают, в основном, мышьяк, никель и ртуть. За счет использования различных видов топлива в промышленности в воздух также поступают мышьяк и ртуть. Транспорт является источником поступления в воздух, в основном, кадмия и никеля (Снежко и др., 2011).

Таким образом, тяжелые металлы могут поступать в атмосферу, как от природных, так и от антропогенных источников. Из-за движения воздушных масс они могут переноситься на значительные расстояния, постепенно осаждаясь на поверхности и нанося большой вред окружающей среде.

* + 1. **Гидросфера**

Особую опасность для водных экосистем представляют тяжелые металлы. Они относятся к классу консервативных загрязняющих веществ, которые не разлагаются в природных водах, а только изменяют форму своего существования, сохраняются в ней длительное время даже после устранения источника загрязнения (Давыдова и др., 2014).

Формы существования металлов в природных водоемах определяются влиянием большого количества факторов и процессов, которые определяют поступление, содержание и пространственно-временное распределение металлов по компонентам водных экосистем.

Физические формы миграции металлов в водном объекте можно классифицировать по их агрегатному состоянию:

1) грубодисперсные (взвешенные формы, включающие органические и неорганические соединения металлов, сорбированные на взвешенных веществах или входящие в его состав, химически связанные с ним);

 2) мелкодисперсные (коллоидные формы, которые выделяют, как промежуточные формы между растворенной и взвешенной), образующие с грубодисперсными формами гетерогенные системы;

3) истинно растворенные формы, образующие гомогенные системы.

В действительности такое разделение весьма условно. Вследствие сложного химического состава природных вод, присутствия минеральных и органических компонентов в каждом из агрегатных состояний ионы металлов могут находиться в виде разнообразных химических соединений, которые будут оказывать влияние на миграционную способность металлов (Давыдова и др., 2014).

Тяжелые металлы, попадая с выбросами промышленных предприятий в нижние слои тропосферы, вступают в аэрозольную миграцию и выпадают в виде осадков на поверхность водных объектов. Также они могут попадать в водные объекты с промышленными стоками (Шаймарданова, 2017).

Тяжелые металлы в водных экосистемах могут проявлять различную токсичность. Для каждой группы гидробионтов существует определенный диапазон концентраций того или иного металла, к которому они адаптированы. Уровень содержания металла за пределами этого интервала приводит к патологическим изменениям в организме (Давыдова и др., 2014). Токсическое действие на отдельных представителей фитопланктона и фитобентоса в конечном итоге оказывает большое влияние на продуктивность водных сообществ в целом.

Таким образом, тяжелые металлы в водных объектах могут мигрировать в различной форме. Также эти элементы способны накапливаться в водной среде, оказывая токсическое воздействие на нее и обитающих в ней организмов.

1. **Почва**

Почва является основной средой, в которую попадают соединения тяжелых металлов. Она же служит источником вторичного загрязнения приземного воздуха и вод, попадающих из нее в Мировой океан. Из почвы тяжелые металлы усваиваются растениями, которые затем попадают в пищу живых организмов (Егоренков и др., 2005).

Ущерб, наносимый загрязнением, зависит от свойств почвы, которые влияют на подвижность тяжелых металлов, на их доступность растениям и на способность к миграции (реакция среды, гумусовые кислоты, тонкодисперсные частицы, полуторные оксиды, карбонаты) (Байкенова, 2014).

Известно, что поступающие в почву токсичные элементы трансформируются. Они вступают в химические реакции с минеральными и органическими компонентами почвы, образуя различные соединения. Новые химические формы токсичных элементов отличаются по своим физико-химическим свойствам: одни — могут аккумулироваться в виде труднорастворимых соединений, другие — образуют доступный для биоты истинный раствор (Кравченко, 2016).

Аккумуляция основной части загрязняющих веществ наблюдается преимущественно в гумусово-аккумулятивном почвенном горизонте, где они связываются алюмосиликатами, несиликатными минералами, органическими веществами за счет различных реакций взаимодействия (Болтунова и др., 2017).

В почву тяжелые металлы попадают различными путями: в составе газопылевых выбросов, со сточными водами, атмосферными осадками и т.д.

Таким образом, на поведение металлов почве оказывают влияние различные ее свойства. В почве тяжелые металлы могут накапливаться, а также образовывать разные соединения, оказывая негативное воздействие на развитие растений и саму почву.

1. **Биота**

Загрязнение тяжелыми металлами атмосферы, гидросферы и почвы негативно сказывается на жизни растений и живых организмов. Тяжелые металлы, проникая в живые клетки в чрезмерных количествах, нарушают их жизнедеятельность.

Так, повышенные концентрации свинца в растениях могут привести к подавлению процессов фотосинтеза, снижению урожайности, а избыток кадмия приводит к нарушению активности ферментов, процессов транспирации и фиксации углекислого газа, затруднению метаболизма. Большая концентрация цинка способствует хлорозу листьев, а хрома ухудшению роста и развития растений, повреждению корневой системы, снижению количества макро- и микроэлементов (Узаков, 2018).

А попадая в живой организм и вступая во взаимодействие с ферментами, тяжёлые металлы подавляют их активность, вызывая различные заболевания. Эти элементы способствуют распаду белковых структур организма с образованием биологически активных компонентов – молекул средней массы, которые в последующем ещё в большей степени вызывают расстройство обменных процессов (Дускаев и др., 2014).

Тяжелые металлы оказывают отрицательное воздействие и на микроорганизмы. Токсичность тяжелых металлов по отношению к микроорганизмам зависит от таких факторов окружающей среды как водородный показатель, ионная сила, природа и концентрация катионов и анионов, а также наличия органических соединений, которые способны взаимодействовать с металлами и влиять на их доступность. Известно, что микроорганизмы проявляют устойчивость фактически ко всем тяжелым металлам. Благодаря способности быстро адаптироваться к условиям существования, они могут служить индикаторами изменений в окружающей среде (Еськова, 2014).

Так, тяжелые металлы, попадая в организмы растений и животных в чрезмерных количествах, отрицательно воздействуют на различные компоненты организмов и приводят к нарушению процессов, протекающих в этих организмах.

Таким образом, тяжелые металлы и их соединения способны мигрировать и накапливаться в различных средах жизни, а также в организмах растений и животных. Если эти элементы содержатся в избыточных количествах, они оказывают крайне негативное воздействие. Наносят разного рода вред объектам среды и загрязняют окружающую среду в целом.

* 1. **Источники загрязнения среды тяжелыми металлами**

Источников загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами большое количество. Как правило, их делят на природные и техногенные.

К естественным источникам относят вулканические извержения, кислотные дожди, ветровую эрозию почв и горных пород, лесные пожары, биологические процессы, космическую пыль (Титов и др., 2007).

Поступление тяжелых металлов в среду в большей степени связано с деятельностью человека. Загрязнение воздуха происходит преимущественно при сжигании угля и других горючих ископаемых. Самыми мощными источниками вредных выбросов, содержащими тяжелые металлы, являются металлургические предприятия, специализирующиеся на выплавке и переработке цветных металлов. Энергетические предприятия также являются источниками выброса огромного количества отходов, содержащих тяжелые металлы. В сельскохозяйственном производстве загрязнение почвы этими элементами связано с использованием удобрений и пестицидов. Еще один источник загрязнения тяжелыми металлами – выхлопные газы автомобилей. Автотранспортные загрязнения одни из самых опасных, они влияют на содержание тяжелых металлов в почве везде, где проходят транспортные магистрали (Вертинский, 2020).

Известно, что в результате работы горно-обогатительных комплексов происходит выброс весьма токсичных металлов и их соединений: меди, кобальта, никеля, цинка, свинца, ртути, марганца, хрома. Основной источник загрязнения атмосферы кадмием, ртутью, никелем, свинцом, хромом – газы теплоэнергетических предприятий и мусоросжигательных установок. Предприятия цветной металлургии загрязняют атмосферу мышьяком, кадмием, цинком, медью, никелем, а производство стали и чугуна – хромом и марганцем. Автотранспорт несет в окружающую среду до 60% поступлений свинца и его соединений техногенного происхождения (эти компоненты появляются в отработавших газах при использовании этилированного бензина) (Маврина и др., 2020; Колбасина и др.,2018).

Таким образом, источники тяжелых металлов могут быть природного и техногенного происхождения. Все они вызывают увеличение концентраций тяжелых металлов в окружающей среде, тем самым загрязняя ее. При этом в большей степени поступление тяжелых металлов связано с человеческой деятельностью, а именно с активным использованием транспорта и функционированием различных отраслей промышленности.

* 1. **Методы оценки содержания тяжелых металлов в растениях**

В настоящее время для мониторинга содержания тяжелых металлов в окружающей среде используются различные методы. Чаще всего в качестве объекта для проведения анализа используются растения. Существует несколько методов оценки содержания тяжелых металлов в растениях: рентгенофлуоресцентный, атомно-абсорбционный, метод атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

* + 1. **Рентгенофлуоресцентный анализ**

Рентгенофлуоресцентный спектрометрический метод анализа основан на измерении числа импульсов в центре пиков или площадей пиков линий флуоресценции элемента, возникающих при облучении пробы источником ионизирующих излучений. Этот метод позволяет анализировать пробы с содержанием отдельных элементов (начиная от элемента с атомной массой 13) от десятитысячных долей процента до десятков процентов. Метод обладает низкой чувствительностью и является относительным, то есть анализ выполняется посредством эталонов известного химического состава. Недостатком метода является требование полной однородности поверхностей анализируемых образцов, что нередко достигается с большим трудом (Хохлова, 2006; Водяницкий и др., 2012).

Достаточно большое количество публикаций посвящено исследованию лишайников с помощью рентгенофлуоресцентного метода. Поскольку лишайники проявляют заметную способность выживать в условиях высокой токсичности окружающей среды, накапливая тяжелые металлы в концентрациях, смертельных для большинства организмов.

Изучение с помощью рентгенофлуоресцентного анализа биоминерализации и выветривания минералов растущими на них лишайниками (*Xanthoria parietina)* показало, что в образцах, собранных с гранитов, содержания калия, магния, железа, рубидия, циркония больше, чем в образцах, собранных с известняков. Для кальция наблюдается обратная картина. С целью анализа состояния окружающей среды Антарктики изучались образцы лишайников, выросших на камнях и горных породах, вблизи транспортных дорог и в местах, удаленных от деятельности человека. Повышение концентрации свинца, обнаруженное в образцах, собранных вблизи дороги, связано с использованием керосина и дизельного топлива на станции и сжиганием отходов (Чупарина и др., 2004).

* + 1. **Атомно-абсорбционный метод**

Атомно-абсорбционная спектрометрия — метод количественного элементного анализа по атомным спектрам поглощения (абсорбции) (Беляцкий, 2015).

Принцип метода заключается в поглощении излучения свободными атомами (атомным паром) вещества. Для получения свободных атомов в газообразном состоянии осуществляется перевод веществ в атомный пар высокотемпературным испарением пробы в пламени или с помощью электротермического атомизатора. Большинство химических соединений разлагается. Атомы вещества при этом существуют в свободном состоянии. Метод является высокочувствительным и обладает низкими пределами обнаружения, а также высокой селективностью. Недостатком является возможное возникновение спектральных и физико-химических помех. К недостатку метода нужно также отнести необходимость перевода в большинстве случаев анализируемого образца в раствор. Атомно-абсорбционная спектрометрия является одноэлементным методом и не дает возможности работать со спектрами металлов. (Пупышев, 2008; Алексеев и др., 2009; Беляцкий, 2015).

С помощью данного метода изучали концентрацию тяжелых металлов и уровень флуоресценции хлорофилла в лишайниках *Parmelia sulcata Tayl., Hypogymnia physodes (L.) Nyl., Cladonia fimbriata (L.) Fr* (Ерофеева и др., 2014).

Также благодаря этому методу был проведен анализ анализ содержания тяжелых металлов в талломах эпифитного лишайника вида *Parmeliasulcata Tayl.* (Красногорская и др., 2012).

* + 1. **Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой**

В основе метода лежит измерение интенсивности излучения света, испускаемого на определенных длинах волн атомами, возбужденными индуктивно-связанной аргоновой плазмой. Количественное определение связано с количеством электромагнитного излучения, которое испускается, в то время, когда качественная информация связана с длиной волны испускаемого излучения (Галева и др., 2013).

Отличительной особенностью метода по сравнению с оптическими спектральными и многими химическими и физико-химическими методами анализа являются возможность бесконтактного, экспрессного, одновременного количественного определения большого числа элементов в широком интервале концентраций с приемлемой точностью при использовании малой массы пробы и несложной подготовке проб, основанной на окислительно-кислотной минерализации проб исследуемых биосубстратов. Этот метод является многоэлементным и высокочувствительным. К недостаткам атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой можно отнести, что в большинстве случаев объектом исследования являются растворы, в связи с чем возникает необходимость предварительно растворять твердые пробы для более точного результата (Галева и др., 2013).

С помощью метода атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой в образцах *Hypogymnia physodes*, собранных на заповедной территории в Тверской области, определено валовое и среднее содержание 15 металлов (алюминия, мышьяка, кадмия, кобальта, меди, железа, марганца, молибдена, германия, никеля, свинца, титана, вандия, цинка, олова.) (Мейсурова и др., 2018).

Также с помощью этого метода в образцах лишайника Parmelia sulcata, собранных в городах Ржевско-Старицкого Поволжья (Тверской области), определено валовое и среднее содержание 20 металлов (алюминия, кадмия, хрома, железа, меди, лития, марганца, молибдена, никеля, свинца, мышьяка, меди, галия, сурьмы, стронция, титана, вольфрама, цинка, циркония, вандия) (Мейсурова, 2016).

* + 1. **Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой**

Принцип данного метода заключается в испарении, диссоциации большинства соединений, атомизации элементов и ионизации атомов. Образующиеся ионы попадают в вакуумную камеру, где после фокусировки и разделения по массам детектируются. В качестве источника ионов используется индуктивно-связанная плазма (Музгин и др., 1998).

Метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой позволяет определять максимально широкий круг химических элементов с разными уровнями концентраций из небольшого объема пробы (Эпов, 1999).

Данный метод обладает высокой чувствительностью при определении ультранизких концентраций металлов. Способ обладает высокой производительностью, но его применение возможно только в специализированных лабораториях (Мейсурова и др., 2018а).

С помощью данного метода проводились исследования содержания тяжелых металлов в кустистых эпифитных лишайниках рода *Usnea* (Шевченко и др., 2014).

Таким образом, существуют различные методы оценки содержания тяжелых металлов в растениях. Эти методы основаны на разных принципах, и каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

* 1. **Особенности накопления металлов растениями**

Влияние избытка тяжелых металлов на растения может быть как прямым, так и косвенным. Косвенное влияние связано с негативным воздействием этих элементов на почву, прямое — с непосредственным накоплением тяжелых металлов растениями (Чикенева, 2013).

По способности накапливать тяжелые металлы растения можно разделить на три группы: 1) аккумуляторы, накапливающие металлы главным образом в надземных органах, как при низком, так и высоком содержании их в почве; 2) индикаторы, в которых концентрация металла отражает его содержание в окружающей среде 3) исключители, у которых поступление металлов в побеги ограничено, несмотря на их высокую концентрацию в окружающей среде и накопление в корнях.

Растения, относящиеся к разным семействам, заметно различаются по способности накапливать тяжелые металлы. Причем для культурных растений характерно более низкое накопление металлов, чем для дикорастущих видов тех же семейств. Более того, разные виды растений, а также сорта одного вида различаются по способности накапливать тяжелые металлы даже при одной и той же их концентрации в почве.

На накопление тяжелых металлов оказывает влияние и возраст растений. Накопление тяжелых металлов в растениях может также зависеть от сезона и погодных условий года (Титов и др., 2007).

Большинство видов растений накапливает тяжелые металлы преимущественно в корнях. В то же время с возрастанием их содержания в корнях повышается количество металлов и в надземных органах – стеблях и листьях. Это говорит о том, что защитные механизмы и барьеры, функционирующие на уровне клеток и тканей корня, не в состоянии полностью предотвратить попадание тяжелых металлов в побеги растений. Но концентрация этих элементов в надземных органах намного ниже, чем в корнях. Некоторые тяжелые металлы способны к перемещению в генеративные органы и семена, но их содержание в них невелико.

На уровне тканей значительное количество металлов локализуется в ризодерме, коре и эпидермисе. На клеточном уровне избыток металлов аккумулируется в связанном малоактивном состоянии в клеточной стенке и вакуоли, в результате чего снижается их токсическое действие на цитоплазму клетки (Титов и др., 2007).

Так, накопление металлов растениями зависит от различных факторов. А главным образом от биологических особенностей самих растений, таких как возраст, вид, семейство, к которому оно относится, защитные механизмы и барьеры, которыми обладает растение и др.

Таким образом, тяжелые металлы отличаются высокой токсичностью и хорошей аккумуляционной способностью. Они могут долгое время накапливаться в различных средах, а также в растениях и живых организмах. При избыточных концентрациях эти элементы оказывают крайне негативное воздействие. Также тяжелые металлы способны мигрировать, на степень их миграции оказывают влияние различные факторы среды. Источники и пути попадания тяжелых металлов в окружающую среду разнообразны. Наиболее значимыми из них являются отходы промышленных предприятий и выбросы автотранспорта. В связи с этим возникает необходимость мониторинга содержания тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Существуют различные методы оценки содержания тяжелых металлов, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки.

# Глава 2. ПРИРОДА И ХОЗЯЙСТВО РЖЕВСКО-СТАРИЦКОГО ПОВОЛЖЬЯ

1. **Общая характеристика природных условий**

Ржевско-Старицкое Поволжье является одним из наиболее крупных физико-географических районов, расположенным на юге Тверской области по обоим берегам Верхней Волги. В него входят Ржевский, Старицкий и Зубцовский административные районы, граничащие между собой (Мейсурова, 2016).

Сочетание приподнятых, но выровненных водоразделов с глубоко врезанными долинами рек и многочисленными оврагами создает своеобразную картину расчлененности рельефа района.

Другой важной особенностью природы этого региона является исключительно широкое (почти сплошное) распространение здесь покровных лессовидных суглинков и супесей (Дорофеев и др., 2016).

Район расположен в зоне смешанных лесов с преобладанием мелколиственных пород (берёза, осина, ель, ольха, сосна).

Также на территории Ржевско-Старицкого Поволжья имеются месторождения силикатного и строительного песка, торфа, кирпично-черепичных глин, известняка и песчано-гравийной смеси, карбонатного сырья для производства извести и известняковой муки (Паспорт Старицкого района, 2017; Паспорт Зубцовского района, 2018; Паспорт Ржевского района, 2019).

1. **Климатические особенности**

Климат на территории Ржевско-Старицкого Поволжья умеренно-континентальный. Преобладающей воздушной массой является континентальный воздух умеренных широт, который определяет летом тёплую погоду с температурами 15 - 20°С (днём до 20 - 25°С), с переменной кучевой облачностью, с небольшими скоростями ветра. Нередко при данном типе погоды случаются ливневые осадки и грозы. Зимой континентальный воздух умеренных широт формирует умеренно-морозную, чаще без осадков погоду с температурным фоном минус 10 - 15°С. Среднегодовая температура на территории района составляет +3,3° - +3,5° С (Климат Старицкого района, 2020).

В районе господствует западно-восточный общепланетарный перенос воздуха. Это обусловливает преобладание ветров юго-западного и западного направлений, ветер восточного направления встречается редко. Среднегодовая скорость ветра лежит в пределах 3,5 - 4,2 метров в секунду.

Многолетний режим погоды Ржевско-Старицкого района характеризуется повышенной влажностью и значительной облачностью. Среднемесячная относительная влажность воздуха максимальна в ноябре-декабре, минимальна – в мае.

Максимальное количество осадков приходиться на июль, минимальное – на январь. Количество выпадающих осадков превосходит возможную по температурным условиям величину испаряемости. Избыток влаги способствует развитию болотных процессов, питает многочисленные реки и ручьи (Природные условия…, 2020).

1. **Геологическое строение, рельеф**

Находясь в пределах Карбонового уступа, практически вся территория района приподнята на высоту до 200-250 метров. Максимальные отметки высот наблюдаются на севере района в пределах массива Ильи горы, а вдоль Волги и ее притоков Тудовки, Итомли, Сишки, Вазузы, Держи и других общие высоты наоборот снижаются. Эти особенности создают некую расчлененность рельефа.

Озера для данного района являются редкостью, но характерны овраги и карстовые воронки.

Явной доминантой горизонтальной структуры Ржевско-Старицкого Поволжья являются дренированные пологоувалистые вторичные мореные равнины. Преимущественно волнистый характер имеют встречающиеся в районе моренно-озерно-ледниковые (центральная часть), моренно-зандровые (юго-западная часть) и зандровые (неширокая полоса вдоль реки Волги от г. Зубцова до г. Старицы) равнины (Дорофеев и др., 2016).

1. **Гидрологические особенности**

Примечательной особенностью Ржевско-Старицкого Поволжья является почти полное отсутствие озер и болот, однако район богат реками.

Ржевско-Старицкое Поволжье расположено в бассейне верхнего течения реки Волги. Река протекает с юга на север, пересекая район практически посередине, и является самым крупным водным объектом на территории района (Деменьтьева и др., 2017). Также по территории Поволжья протекают реки: Держа, Шоша, Итомля, Осуга и другие. Площадь рек и озер составляет примерно 1% территории района.

Все реки Ржевско-Старицкого Поволжья относятся к Восточно-Европейскому типу водного режима и питания (снегодождевой). Более
50 % всей воды, стекающей в реки, приходится на долю воды, образующейся от таяния снега. Остальная вода поступает в реки от дождей и от грунтовых вод. При выпадении дождей на реках формируются паводки в летне-осенний период. Весеннее снеготаяние вызывает мощное повышение уровней воды. Реки обладают высоким пиком половодья.

Речные долины чрезвычайно разнообразны, слабо террасированы. Поверхность пойм ровная, на отдельных участках изрезана староречьями, местами заболочена (Природные условия…, 2020).

Еще одним достаточно крупным водным объектом, находящимся на территории района является Вазузское водохранилище, которое также оказывает существенное влияние на уровенный режим рек.

1. **Флора, растительность и животный мир**

В Ржевско-Старицком Поволжье широко представлены долинные ландшафты с обнажениями карбонатных пород, которые характеризуются богатой и гетерогенной флорой. Здесь замечено большое количество видов, занесенных в Красную книгу Тверской области (А.Ф. Мейсурова,2016).

В районе зарегистрировано более 60% всех видов сосудистых растений и мхов области. А именно, порядка 697 видов сосудистых растений и около 196 видов мхов. Также отмечено около 46 видов печеночников и 236 видов лишайников.

Среди дифференциальных видов сосудистых растений преобладают лесостепные и степные, неморально-лесостепные виды. Также на территории района отмечены почти все известные в Тверской области аридные мхи (Нотов, 2014).

Подавляющее большинство видов флоры Ржевско-Старицокого Поволжья составляют травянистые растения, среди которых преобладают многолетники.

Довольно большие территории занимают леса. Среди них большие площади занимают смешанные мелколиственные леса, которые представлены в основном берёзой, осиной, ольхой, сосной. Из хвойных лесов преобладают различные сосняки, местами встречаются ельники. Широколиственные леса представлены отдельными рощами и группами деревьев.

Известно, что в районе встречается большинство видов позвоночных, отмеченных в Тверской области. Из них 66 видов млекопитающих, 257 видов птиц, 38 видов рыб. Хотя животный мир района типичен для южной тайги и хвойно-широколиственных лесов, он является весьма многообразным. В основном, выделяют пять фаунистических групп животных, встречающихся на территории района.

Самая многочисленная фаунистическая группа – широко распространенные лесные животные. В нее входят обыкновенная и малая бурозубки, кутора, крот, прудовая, усатая и водяная ночница, рыжая вечерница, двухцветный кожанок, ушан, медведь, рысь, заяц-беляк, белка, лесная мышовка, лесная мышь, рыжая, пашенная полевки и экономка, лось.

Второе по многочисленности видов место занимает фаунистическая группа видов не ограниченных пределами лесной зоны: волк, лисица, горностай, ласка, барсук, выдра, серая и черная крысы, домовая мышь и водяная крыса.

Также многочисленна группа западноевропейских видов, таких как выхухоль, лесная куница, черный хорек, европейская норка, садовая, лесная и орешниковая сони, желтогорлая мышь, подземная полевка и европейская косуля.

Близка к двум предыдущим по объему четвертая группа животных связанных с таежными биоценозами: крошечная, средняя и арктическая бурозубки, северный кожанок, росомаха, летяга, красная полевка.

Последняя пятая группа видов столь же многочисленна. Она связана с местообитаниями, возникшими, как результат деятельности человека. В нее входят такие виды как обыкновенный еж, заяц-русак, мышь малютка, полевая мышь, обыкновенный хомяк и серая полевка.

В целом фауна Тверской области носит явно переходный характер между северо-западными и центральными областями Европейской части России. Редкие и исчезающие виды животных, занесенные в Красную книгу (Природные условия…, 2020).

Таким образом, Ржевско-Старицкое Поволжье занимает выгодное географическое положение. Оно расположено в зоне умеренно-континентального климата. На территории района находится большое количество рек, но достаточно мало озёр. Для Поволжья характерны смешенные леса с преобладанием мелколиственных пород. Стоит отметить, что район также обладает богатой и разнообразной флорой и фауной. Также на территории Поволжья находятся месторождения различных видов полезных ископаемых.

1. **Промышленная инфраструктура**

Территория Ржевско-Старицкого Поволжья находится под влиянием значительной антропогенной нагрузки. Административные столицы Старицкого, Ржевского и Зубцовского районов являются крупными промышленными центрами. На их территории расположены предприятия машиностроения и металлообработки, производства строительных материалов, деревообрабатывающей, пищевой и легкой промышленности.

1. **Машиностроение**

Наиболее широко в Ржевско-Старицком Поволжье машиностроение представлено на территории Ржевского района. Там располагаются: ОАО «Ржевский машиностроительный завод», который специализируется на выпуске оборудования и техники для строительства, сельского хозяйства и оборонной отрасли; ОАО «Ржевский завод автотракторного электрооборудования» («Элтра») — производитель автомобильного и тракторного электрооборудования; ОАО «Ржевский краностроительный завод», специализирующийся на производстве строительных башенных кранов; ЗАО «Ржевский экспериментальный ремонтно-механический завод», который выпускает автоцистерны, изготавливает различные металлоконструкции и запасные части механизмов; ОАО «Электромеханика», которое производит оборудование для авиационной и других отраслей промышленности (Паспорт Ржевского района,2019; Предприятия промышленности…,2020).

 Также машиностроение представлено и в городе Зубцов. Там находится: ЗАО «Зубцовский машиностроительный завод», который производит слитки и прокаты из титановых сплавов и алюминиевого профиля; ООО «Зубцовский машиностроительный центр», занимающийся выпуском оборудования для производства железобетона, бетона, строительных смесей, а также производством машин, с помощью которых производится прокладка подземных коммуникаций (Паспорт Зубцовского района, 2018; Экономика Зубцова…,2020).

Еще одним значимым предприятием является ООО «Старицкий механический завод», специализирующийся на авиационном оборудовании (Экономика Старицы…,2020).

1. **Энергетическая отрасль**

Еще одной функционирующей в Ржевско-Старицком Поволжье отраслью является энергетическая промышленность.

На территории Зубцовского района располагается филиал предприятия ООО «Газпром теплоэнерго Тверь», специализирующийся на производстве теплоэнергии. Также в районе находятся 5 электроподстанции, которые служат для приема и распределения электроэнергии (Паспорт Зубцовского района, 2018; Подстанции Тверской…,2020)

В Старицком районе находится 12 котельных (в их числе 2 угольных, отапливающие 2 % площади и 9 газовых, отапливающих 98 % площади) (Паспорт Старицкого района,2017). Еще там располагаются 6 электроподстанций (Подстанции Тверской…,2020).

В Ржевском районе располагается 22 котельных, обеспечивающих теплоснабжение. Также в Ржевском районе находятся 10 электроподстанций (Паспорт Ржевского района,2019).

1. **Пищевая промышленность**

Широко на территории Ржевско-Старицкого Поволжья развита пищевая промышленность.

В Ржевском районе функционируют крупные предприятия: ОАО «Ржевский маслосыркомбинат», специализирующийся на производстве масла и сыра; филиал ОАО «Тверьхлебпром», выпускающий хлеб и хлебобулочные изделия; ООО «Ржевская птицефабрика», занимающаяся производством куриного мяса; АО «Агрофирма Дмитрова гора», специализирующаяся на выпуске мяса и мясопродуктов; ОАО «Молоко», выпускающее молоко и молочные продукты (Паспорт Ржевского района в сфере АПК).

В Зубцовском районе также располагаются предприятия пищевой промышленности: ЗАО «Зубцовмолрус», специализирующийся на производстве молочной продукции; ОАО «Зубцовский маслозавод», занимающийся производством масла и молочной продукции; ООО МПК «Тверецкий», выпускающий колбасные и мясные изделия, ОАО «Погорельский хлебокомбинат», специализирующейся на производстве хлеба и хлебобулочных изделий (Промышленность в Зубцове, 2020).

На территории Старицкого района также есть предприятия пищевой промышленности: АО «Старицкий сыр», специализирующийся на производстве сливочного масла и творога; ООО «Верхневолжская агрофирма» производящая молоко. А также большое количество сельскохозяйственных производственных кооперативов, производящих молочную и мясную продукцию (Паспорт Старицкого района,2017).

1. **Производство строительных материалов**

В Ржевско-Старицком Поволжье представлены также предприятия по производству строительных материалов.

В Ржевском районе располагаются: ОАО «КСК Ржевский», который занимается производством бетона и железобетона, сухих строительных смесей, керамзитового гравия, нерудных металлов; ЗАО «Ржевстройматериалы» производит керамический кирпич (Паспорт Ржевского района,2019; Предприятия промышленности…,2020).

На территории Зубцовского района находится ЗАО «Зубцовская обогатительная фабрика», занимающаяся производством сухих фракционированных песков, строительных камней (Паспорт Зубцовского района, 2018).

В Старицком районе располагается ООО «Старицкий завод нерудных металлов», занимающийся производством песка, гравия, песчано-гравийной смеси (Паспорт Старицкого района, 2017).

1. **Деревообрабатывающая промышленность**

На территории Ржевско-Старицкого Поволжья функционируют предприятия деревообрабатывающей промышленности.

В Ржевском районе предприятиями данной отрасли являются: ЗАО «ПО Лесозавод», занимающийся производством межкомнатных дверей, строганных заготовок и изделий из сосны; ГУП «Зубцовский межрайонный лесхоз», осуществляющий лесохозяйственную деятельность (Предприятия промышленности…,2020).

В Зубцовском районе располагается предприятие ООО «Лесные дали», специализирующееся на распиловке и строгании древесины (Паспорт Зубцовского района, 2018).

1. **Химическая промышленность**

Основными предприятиями химической промышленности Ржевско-Старицкого Поволжья являются: филиал ОАО «Тверьнефтепродукт», расположенный на территории Ржевского района и занимающийся реализацией нефтепродуктов; ООО «Градэр», находящийся в Зубцовском районе и специализирующийся на производстве пластмассовых изделий (Паспорт Зубцовского района,2018).

1. **Легкая промышленность**

Основным функционирующим предприятием легкой промышленности на территории Ржевско-Старицкого Поволжья является ООО «ТД Спецодежда», специализирующееся на пошиве спецодежды.

1. **Экологическое состояние территории**

Предприятия различных отраслей промышленности, расположенные в Ржевско-Старицком Поволжье, оказывают существенное влияние на экологическое состояние территории.

Ржевский район занимает ведущее место среди административных районов Поволжья по количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, на втором месте Старицкий район, на третьем—Зубцовский (Государственный доклад…, 2017).

Также стоит отметить, что среди городов Ржевско-Старицкого Поволжья первое место по количеству предприятий, имеющих выбросы загрязняющих веществ занимает город Ржев (Государственный доклад…, 2017).

Известно, что по количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в расчете на одного жителя Ржевский район занимает одно из ведущих мест в Тверской области (Государственный доклад…, 2017).

Отмечено, что на территории Ржевско-Старицкого Поволжья находятся предприятия (ОАО Комбинат строительных конструкций «Ржевский» и ОАО «Элтра»), которые входят в список основных источников образования отходов в Тверской области (Государственный доклад…, 2017).

Также стоит отметить, что в городе Ржеве и Старицком районе зарегистрированы наиболее высокие показатели неудовлетворительных проб воды из подземных источников по санитарно-химическим показателям. В Зубцовском районе обнаружены неудовлетворительные пробы воды по паразитологическим показателям (Государственный доклад…, 2019).

Так, Ржевско-Старицкое Поволжье испытывает значительную антропогенную нагрузку. Там располагается большое количество промышленных предприятий различных отраслей промышленности, которые оказывают негативное воздействие на экологическое состояние территории.

Таким образом, Ржевско-Старицкое Поволжье с ботанико-географической точки зрения является уникальным природным комплексом, который обладает богатой и разнообразной флорой. Однако район находится под сильным влиянием человеческой деятельности. На территории Поволжья функционируют промышленные предприятия, выбросы которых отрицательно влияют на экологическое состояние Поволжья.

# ГЛАВА 3. РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЖЕВСКО-СТАРИЦКОМ ПОВОЛЖЬЕ

1. **Характеристика пунктов отбора образцов растений**

Модельными территориями следует выбрать 3 города Ржевско-Старицкого Поволжья: Ржев, Старица, Зубцов, т.к. именно там сосредоточено большинство промышленных предприятий Поволжья и других возможных источников загрязнения. Сбор материала производить в различных по размерам и типам растительности рекреационных зонах. Общее число пунктов сбора материала должно составить 10: в Ржеве – 5 , в Зубцове – 5, в Старице – 5. При выборе мест сбора и количества пунктов отбора ориентируемся на исследования, которые проведены ранее на территории Поволжья (Мейсурова, 2016; Лебедева, 2016).

В качестве объекта исследования можно использовать *Plantago major (L.).* Данный вид характеризуется широтой географического распространения, а также является одним из наиболее характерных представителей, как естественных растительных сообществ, так и урбанофлоры и синантропной растительности. При сборе необходимого материала растения следует помещать в пронумерованный пакет. При этом в дневнике нужно указывать дату и место сбора, фиксировать метеорологические параметры (температура, влажность воздуха и скорость ветра). Также целесообразно учитывать возможные оказываемые негативные воздействия. Затем с помощью доступного метода оценки содержания тяжелых металлов провести анализ.

1. **Характеристика пунктов отбора образцов почв**

В качестве объектов исследования целесообразно использовать образцы почв, на которых произрастают выбранные растения (*Plantago major (L)*). Соответственно число пунктов отбора также должно составить 20: в Ржеве – 10 , в Зубцове – 5, в Старице – 5.

При отборе почв можно применять любой инвентарь из стали. В качестве упаковочного материала могут применяться мешочки из хлопчатобумажной ткани, которые должны быть пронумерованы (Тулупов и др., 1991). В дневнике необходимо фиксировать дату, место сбора и метеорологические условия. Следует также учитывать возможные негативные влияния. Затем провести анализ с помощью доступного метода.

# ВЫВОДЫ

Таким образом, тяжелые металлы являются серьёзными загрязнителями окружающей среды. Они могут накапливаться, мигрировать, загрязняя атмосферу, гидросферу, почву и нанося вред растениям и живым организмам. Существуют различные, как природные, так и техногенные источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду. В силу того, что тяжёлые металлы могут наносить серьёзный вред природной среде, возникает необходимость мониторинга их содержания. Для этого существуют различные метода анализа, которые позволяют исследовать их концентрацию в некоторых объектах среды.

Ржевско-Старицкое Поволжье является удобной модельной площадкой для проведения исследований содержания металлов в растениях. С одной стороны, Поволжье является уникальным природным комплексом с богатой флорой. С другой стороны, на территории развита промышленная инфраструктура.

Для проведения исследований в Ржевско-Старицком Поволжье необходимо выбрать объект исследования и определить пункты сбора образцов. Затем с помощью доступного метода провести анализ.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев В.А., Ковалева Н.В. 2009. К вопросу о методах оценки загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами // Итоги и аспекты технологических решений: материалы Всероссийской конференции с международным участием (г. Ижевск 07-11сентября 2009 г.) С.28-40

Алексеев Ю.В. 1987. Тяжелые металлы в почвах и растениях//Ленинград: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние. С.142

Байкенова Ю.Г. 2014. Оценка степени опасности загрязнения почв тяжелыми металлами // Журнал: Аграрный вестник урала. №7. С.10-14

Беляцкий В.Н. 2015. Основы методов атомно-абсорбционной и атомно-эмиссионной спектроскопии: учебно-методическое пособие // Минск: БГМУ С.40

Болтунова А.Д., Смирнова С.В., Солтис В.В. 2017. Накопление тяжелых металлов в почвах под влиянием промышленного производства // Журнал: Современные проблемы науки и образования. №4. С.181

Вертинский А.П. 2020. Проблемы загрязнения окружающей природной среды Российской Федерации тяжелыми металлами// Журнал «Инновации и инвестиции». № 1 С. 232-237

Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. 2012. Загрязнение почв тяжелыми металлами. М.:МГУ им. М.В. Ломоносова. С.304

Галева Э.И., Холин К.В., Нефедьев Е.С. 2013. Возможности атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой // Вестник Казанского Технологического университета. №9. С.63-64

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2017 году» / Министерство природных ресурсов и экологии по Тверской области.2018. С.148

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2019 году» / Министерство природных ресурсов и экологии по Тверской области.2020. С.172

Давыдова О.А., Климов Е.С., Ваганова Е.С., Ваганов А.С. 2014. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах // Ульяновск: УлГТУ. С.167

Деменьтьева С.М., Тарасова Е.М.2017. Анализ содержания металлов в гидрологических объектах Старицкого района (Тверская область) // Вестник ТвГУ. Серия Биология и экология. №1. С.255-264

Дорофеев А.А., Хохлова Е.Р. 2016. Ландшафты Тверской области: Тверь: Изд-во ТвГУ. С.120

Дускаев Г.К., Мирошников С.А., Сизова Е.А., Лебедев С.В., Нотова С.В. 2014. Влияние тяжёлых металлов на организм животных и окружающую среду обитания // Вестник мясного скотоводства. №3(86). С.7-11

Егоренков Л.И., Кочуров Б.И. 2005. Геоэкология: учебное пособие / Москва: Финансы и статистика. С.320

Ерофеева И.А., Сергеева И.В. 2014. Использование эпифитных лишайников в биоиндикации состояния окружающей среды // Журнал: Аграрный ученый. № 10. С.18-20

Еськова А.И. 2014. Влияние тяжелых металлов на свойства сапрозоонозов // Материалы XI Международной научно-практической конференции. Центр научной мысли (Таганрог 27.04.2014) С.7-9

Инвестиционный паспорт. Зубцовский район // Администрация Зубцовского района.2018.

Инвестиционный паспорт муниципального образования «Ржевский район» // Администрация ржевского района. 2019.

Инвестиционный паспорт. Старицкий район // Администрация Старицкого района. 2017.

Климат Старицкого района // Народная земля: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.narzem.ru/starica-klimat.html (Дата обращения: 09.12.2020).

Колбасина Н.И., Котов М.М. 2018. Химический состав выхлопных газов автотранспорта, его влияние на здоровье человека // X Международная студенческая конференция. Студенческий форум: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018004431> (Дата обращения: 05.01.2021).

Кравченко А.Л. 2016. Факторы, влияющие на поведение тяжелых металлов в почве // VIII Международная студенческая научная конференция: Студенческий научный форум: Режим доступа: [Электронный ресурс]. <https://scienceforum.ru/2016/article/2016028399> (Дата обращения: 03.01.2021).

Красногорская Н.Н., Клеттер Е.А., Сулейманова Р.Р., Журавлева С.Е. 2012. Анализ содержания тяжелых металлов и соединений серы в лишайниках Parmelia sulcate в условиях городской среды // Журнал: Современные проблемы науки и образования. №2. С.338

Лебедева В.И. Содержание тяжелых металлов в лишайниках городов Ржева, Старицы, Зубцова // Выпускная работа бакалавра. Тверь: ТвГУ. 2016.

Мейсурова А.Ф. 2016. Содержание металлов в слоевищах Parmelia sulcate в городах Ржевско-Старицкого Поволжья (Тверская область) // Вестник ТвГУ. Серия Биология и экология.№3. С.185-196

Мейсурова А.Ф., Нотов А.А. 2018. Физико-химический анализ индикаторных лишайников как компонентов фонового мониторинга заповедных территорий // Журнал прикладной спектроскопии.№6. С.928-935

Мейсурова А.Ф., Нотов А.А., Межеумов И.Н. 2018а. Способ биомониторинга аэрозольного загрязнения атмосферы металлами // Международная патентная классификация: Метеорология. Исследование или анализ материалов с помощью оптических средств.

Музгин В.Н., Емельянова Н.Н., Пупышев А.А. 1998. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой новый — метод в аналитической химии // Журнал: Аналитика и контроль.№3-4. С.3-25

Нотов А.А. 2014. Некоторые результаты сопряженного анализа компонентов флоры Тверской области// Статья: Сравнительная флористика: анализ видового разнообразия растений. С. 95-102

Узаков З.З. 2018. Тяжелые металлы и их влияние на растения // Журнал: Символ науки. №1-2. С. 52-54

Паспорт Ржевского района в сфере АПК // ГКУ ТО: Центр развития АПК Тверской области.

Подстанции: Тверская область //[Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://frexosm.ru/power/validator/tve-substation.html> (Дата обращения:11.12.2020).

Промышленность в Зубцове // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cfo.spr.ru/zubtsov/promishlennost/> (Дата обращения: 12.12.2020).

Пупышев А.А. 2008. Пламенный и электротермический атомно-абсорбционный анализ с использованием спектрометра: учебное текстовое издание / Екатеринбург: Изд-во УГТУ. С.101

Производственные предприятия Ржева // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fabricators.ru/zavody/rzhev> (Дата обращения: 11.12.2020).

Природные условия Тверской области // Экоанализ: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://eco.digital-group.net/prirodnye-usloviya-tverskoj-oblasti/ (Дата обращения: 10.12.2020).

Снежко С.И., Шевченко О.Г. 2011. Источники поступления тяжелых металлов в атмосферу // Журнал: Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. №18. С.35-37

Теплая Г.А. 2014. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды// Журнал: Астраханский вестник экологического образования. №1. С.182-192

Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. 2007. Устойчивость растений к тяжелым металлам // Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С.172

Тулупов П.Е. 1991. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов ( меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом // методические указания.

Хохлова А.И. 2006. Методы определения тяжелых металлов в продуктах питания: методические указания / Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т. С.32

Чупарина Е.В., Гуничева Т.Н. 2004. Состояние и проблемы рентгенофлуоресцентного анализа растительных материалов// Журнал: Аналитика и контроль. №3. С. 211-226

Чикенева И.В. 2013. Особенности накопления тяжелых металлов в изучаемых растительных сообществах и их воздействие на окружающую среду // Журнал: Известия Оренбургского гос. аграр. ун-т. №2. С. 228-231

Шаймарданова А.Ш. 2017. Очистка вод от ионов железа модифицированными сорбционными материалами на основе листового опада // Диссертация. Казань: КНИТУ.

Шевченко В.П., Стародымова Д.П., Афанасьева А.А., Бычков А.Ю., Бычкова Е.В., Конева В.В., Саввичев А.С. 2014. Особенности накопления тяжелых металлов кустистыми эпифитными лишайниками в республиках Алтай и Хакасия // Журнал: Фундаментальные исследования. №12. С.2373-2377

Шишлова Т.М., Чугаева Н.А. 2016. Древесные растения — индикатор загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами // Журнал: Вестник научных конференций. № 12. С.114-116

Экономика Зубцова // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zubtsov.etowns.ru/about/economy.html> (Дата обращения: 12.12.2020).

Эпов В.Н. 1999. Схема анализа байкальской воды методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой // Журнал: Аналитика и контроль. №3. С.37-43

Юранец-Лужаева Р.Ч., Мустафина Л.К., Шакирова И.И., Антипина Н.К. 2016. Определение тяжелых металлов в атмосферном воздухе г. Казани // Статья в сборнике трудов конференции: Химия и инженерная экология. С. 325-328