

МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СТАНЦИЯ ЮНЫХ НАТУРАЛИСТОВ»  
ШКОЛА ЮНЫХ ЭКОЛОГОВ-ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

## **Изучение влияния комплекса экологических условий на произрастание лекарственных растений о. Закурье г. Чусового**

Выполнил:

Соловьев Александр Дмитриевич – ученик  
11 класса МБУДО «СЮН»

Руководитель:

Аристова Роза Альбертовна – педагог ДО  
МБУДО «СЮН»

Научные консультанты:

Иванова Галина Анатольевна – доцент,  
к.фарм.н., кафедра фармакогнозии с курсом  
ботаники ФГБОУ ВО ПГФА

Быстрых Ксения Анатольевна – заведующая  
химической лаборатории кафедры экологии  
ФГБОУ ВО ПГАТУ

Чусовой, 2019

## Оглавление

Введение .....	3
1. Обзор литературы .....	5
1.1. Перспективы использования лекарственных растений .....	5
1.2. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды .....	6
2. Характеристика района исследований .....	9
2.1. Город Чусовой.....	9
2.2. Остров Закурье.....	11
3. Экспериментальная часть .....	12
3.1. Условия и порядок проведения полевых исследований .....	12
3.2. Объекты исследования .....	12
3.3. Методы и материалы .....	13
3.3.1. Анкетирование .....	13
3.3.2. Химический анализ.....	13
3.3.3. Фитотоксичность среды .....	13
4. Результаты исследований .....	14
4.1. Анкетирование жителей г. Чусового .....	14
4.2. Анализ проб воды .....	18
4.3. Анализ почвы .....	19
4.4. Анализ лекарственного растительного сырья .....	20
Выводы .....	22
Библиографический список .....	23
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	25

## Введение

*Все есть яд, и ничто не лишено ядовитости; одна лишь доза делает яд незаметным.*

*Парацельс*

Концентрация элемента в организме играет существенную роль. Даже относительно безвредные металлы требуют осторожного отношения к тем концентрациям, в которых они могут оказаться в питьевой воде, пище, лекарственных растениях. Нет токсичных элементов, есть их токсичные концентрации.

Жизненно важные металлы присутствуют в организме человека в концентрациях, диапазон которых постоянен. Процессы метаболизма могут сопровождаться нарушением природной структуры многих биомолекул и выводом из организма соответствующего количества металла. В связи с этим, появляется необходимость возмещать эти потери, поскольку недостаток металлов приводит к нарушению жизнедеятельности организма, что может выразиться в различных заболеваниях. [18]

На сегодняшний день в связи с дороговизной лекарств и низким уровнем жизни многие жители России используют для лечения и профилактики заболеваний дикорастущие лекарственные растения (ЛР) местной флоры. Следует учесть, что качество лекарственного растительного сырья (ЛРС) напрямую связано с качеством среды обитания и по мере развития исследований ЛР в качестве объектов биосферы становится очевидным, что и сами ЛР, и фитопрепараты могут содержать критические для здоровья концентрации солей тяжелых металлов. Так, установлено, что металлы сравнительно быстро накапливаются и в почве и крайне медленно из нее удаляются. Первый период удаления половины от начальной концентрации ТМ значительно варьирует у различных элементов и занимает весьма продолжительный период времени: для цинка – от 70 до 510 лет; кадмия – от 13 до 110 лет, меди – от 310 до 1 500 лет, свинца – от 770 до 5 900 лет. [1]

Данная работа является продолжением исследований о. Закурье, начатых нами в 2017 году. Мы зафиксировали превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) содержания меди в сырье тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium L.*) и пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare L.*). Содержание меди в почве также превышает ПДК. Высокий уровень содержания фенольных соединений во всех исследуемых растительных образцах говорит о стрессовой обстановке территории исследований. Заинтересовавшись результатами, мы решили продолжить работу.

**Целью** исследований 2018 года является изучение влияния комплекса экологических условий на произрастание лекарственных растений на территории о. Закурье г. Чусового.

Для достижения цели мы поставили следующие **задачи**:

- познакомиться со специальной, методической и научно-популярной литературой по данной теме;
- провести анкетирование жителей г. Чусового с целью актуализации знаний об использовании лекарственных растений;
- изучить характеристики исследуемой территории;
- отобрать пробы почвы и воды, произвести сбор лекарственного растительного сырья;
- произвести химический анализ проб почвы, воды и образцов лекарственного растительного сырья;
- выявить степень токсичности проб воды и почвы.

Выражаем благодарность и признательность за помощь в проведении спектрального анализа ЛРС к.ф.н. старшему преподавателю кафедры фармакогнозии с курсом ботаники ФГБОУ ВО ПГФА Гуляеву Дмитрию Константиновичу, за помощь в проведении полевых исследований обучающимся объединения «Экология водоемов» МБУДО «Станция юных натуралистов» Власовой Дарье и Нелюбину Александру.

## 1. Обзор литературы

### 1.1. Перспективы использования лекарственных растений

Современное состояние рынка лекарственных средств растительного происхождения требует пристального внимания исследователей и производителей фитопрепаратов. Постоянное изменение соотношения между использованием синтетических лекарственных средств и препаратов природного происхождения, а также изменение ассортимента растительных лекарственных средств диктует необходимость актуализации нашего представления о том, какие фитопрепараты, каких производителей на сегодняшний день наиболее востребованы.

Фитопрепараты как растительные лекарственные средства сочетают в себе хороший терапевтический эффект и относительную безопасность. Это обстоятельство особенно существенно при лечении хронических заболеваний, в случае которых реабилитация больных может осуществляться в течение длительного времени. Несмотря на положительные свойства фитопрепаратов, отличающие их от синтетических лекарств, применение растений в научной медицине часто ассоциируется с пережитками прошлого. По некоторым данным, объемы реализации лекарственного растительного сырья в фармацевтических организациях в России резко уменьшились по сравнению с советским периодом. Рынок растительного сырья в значительной степени заняли препараты зарубежных фирм. Зарегистрированные торговые наименования представлены продукцией 19 стран, в т.ч. 3,2% – фитопрепараты производства Германии («Бионорика АГ», «А.Наттерман энд Сие. ГмбХ», «Кревель Мойзельбах ГмбХ» и др.); 1,4% занимают украинские препараты (предприятия «Фармак ОАО», «Опытный завод ГНЦЛС ООО», «Фармацевтическая фабрика ГКП (Житомир)» и др.); 0,9% – Словения, 0,6% – Нидерланды, 0,4% – Франция и т.д. Основные производители фитопрепаратов в нашей стране – «Красногорсклексредства ОАО» (108 торговых позиций), «Здоровье Фирма ЗАО» (99), «ООО»Лек С+» (82), «Вифитех ЗАО» (66), «ЗАО «Иван-чай» (48), «Московская фармацевтическая фабрика ЗАО» (29). Основные формы выпуска фитопрепаратов – высушенное сырье в фильтр-пакетах либо россыпью, различные сборы, настойки и сиропы, а также таблетки, растворы для приема внутрь, экстракты, бальзамы, линименты, масла. [12]

Причинами того, что фитопрепараты до сих пор не могут стать достойной альтернативой дорогостоящим синтетическим лекарственным препаратам, могут быть, во-первых, отсутствие достаточных фитотерапевтических знаний у тех, кто определяет спрос населения на растительные лекарственные препараты, т.е. у врачей и провизоров, во-вторых, в ряде случаев отсутствие надежных методов стандартизации лекарственного растительного сырья по показателю «действующее вещество», недостаточно высокий уровень контроля качества фитопрепаратов в процессе обращения на рынке, что обуславливает появление в рознице некачественной и, соответственно, неэффективной растительной продукции. [5]

В настоящее время 270 видов лекарственных растений включены в Государственный реестр лекарственных средств РФ, являются официальными и разрешены к применению в медицинской практике. В народной медицине нашей страны количество используемых видов растений значительно больше (около 3000 видов). [12]

В настоящий момент предложен методологический подход к изучению и использованию лекарственных растений с позиции изучения зависимости: химический состав биологически активных соединений – фармакологическая активность. Теоретически и экспериментально обоснован целенаправленный поиск перспективных лекарственных растений и их применение в соответствии с принципами рациональной фитотерапии и современной фитофармакологии. [4]

## **1.2. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды**

Согласно Орлову Д.С. к тяжелым металлам (ТМ) относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой более 50 атомных единиц. При этом немаловажную роль в категорировании ТМ играют следующие условия: их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции (табл. 1.2.1.). [16]

Поступление ТМ в окружающую среду связано с активной деятельностью человека. Их основные источники – промышленность, автотранспорт, котельные, мусоросжигающие установки и сельскохозяйственное производство. К отраслям промышленности, загрязняющим окружающую среду ТМ, относятся черная и цветная металлургия, добыча твердого и жидкого топлива, горно-обоганительные комплексы, стекольное, керамическое, электротехническое производство и др. [6] [11]

Для ТМ почва является емким акцептором, занимающим место в круговороте химических загрязнителей в биосфере. Почва находится в постоянном взаимодействии с другими экологическими системами – атмосферной, гидросферой, растительным миром и является важным источником поступления ТМ в организм человека.

Накопление ТМ в почве отрицательно влияет на ее плодородие, микробиологическую деятельность, рост и развитие растений, а также на качество растениеводческой продукции. При обычной (фоновой) концентрации тяжелых металлов в почве растения способны регулировать их поступление через корневую систему. При повышенных концентрациях защитные и регулирующие механизмы растений уже не могут препятствовать поступлению ТМ в вегетативные органы. [1]

Большое влияние на геохимические параметры загрязнения территорий современной урбанизированной среды промышленных центров оказывают вредные химические вещества атмосферного воздуха, которые осаждаются вблизи источников загрязнения и накапливаются на поверхности почвенного

покрова, вследствие чего обуславливают его быструю антропогенную трансформацию. [17]

Протяженность зоны интенсивного загрязнения и направление движения потока загрязняющих веществ зависят от скорости и частоты ветров данного румба (розы ветров), высоты труб, характера выбросов в атмосферу (дисперсность частиц, плотность вещества), рельефа территории, растительного покрова.

На плавильных заводах, расположенных, как правило, вблизи рек или водоемов, складировать шлаки на террасах или высокой пойме, на берегах водоема, периодически заливаемых во время половодья, что ведет к переносу шлака и загрязнению пойменных почв и берегов водоема. Атмосферные осадки, промывая шлаки, дают сток, обогащенный загрязняющими веществами (рис. 1.2.1.). [16]

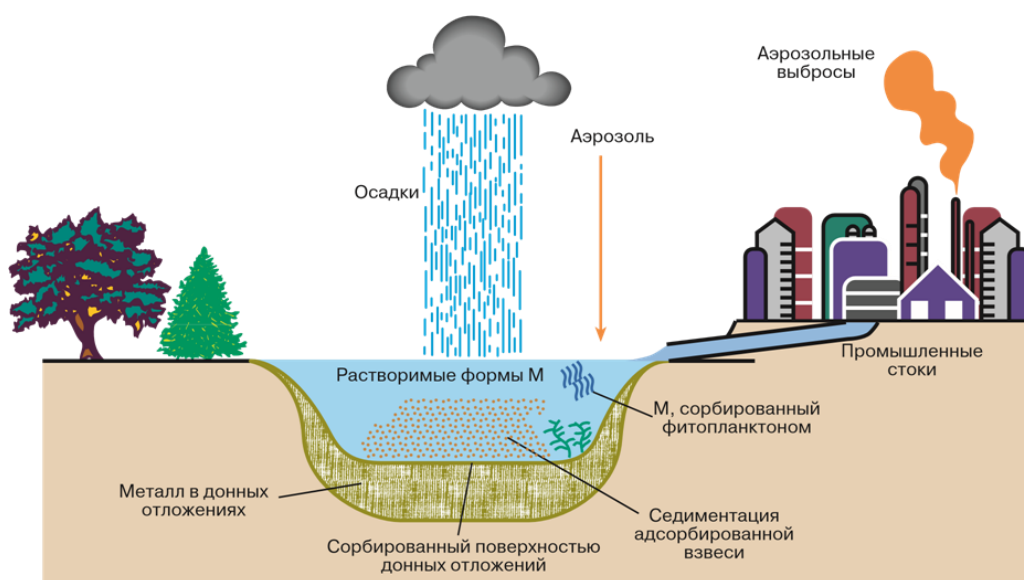


Рис. 1.2.1. Пути поступления ТМ в водные экосистемы и формы их нахождения [2]

Для контроля качества поверхностных вод созданы различные гидробиологические службы наблюдений. Они следят за состоянием загрязнения водных экосистем под влиянием антропогенного воздействия. Поскольку такая экосистема включает в себя как саму среду (воду), так и другие компоненты (донные отложения и живые организмы – гидробионты), сведения о распределении тяжелых металлов между отдельными компонентами экосистемы имеют весьма важное значение.

Попавшие в окружающую среду соединения ТМ загрязняют атмосферный воздух, воду, почву, попадают в растения и организмы животных, населяющих данную местность

Таблица 1.2.1.

## Влияние металлов на живые организмы [18]

Металлы	Влияние на растения		Влияние на животных и человека	
	недостаток	избыток	недостаток	избыток
Железо	Хлороз; замедленное образование хлорофилла	Токсикация	Анемические явления	Токсикация
Марганец	Хлороз	Нарушения развития растений	У птиц – нарушения развития крыльев	
Хром			Диабет; развитие атеросклероза, патологии в сердце	
Ванадий		Нарушение роста растений	Быстрое повышение холестерина	
Медь	Разрушение хлорофилла	Торможение развития растения	Анемия, нарушения в костях Нарушения процессов кроветворения (анемия) и обмена веществ	Токсикация; изменение перьевого покрова у птиц. Поражает печень, почки, ЖКТ; расстройство ЦНС; острая интоксикация
Никель		Хлороз	Нарушение функции клеток печени; дыхательных процессов в митохондриях; изменяет содержание липидов в печени; поражает кожу, слизистые оболочки, легкие	Антагонист никеля и железа
Цинк	Заболевания растений	Токсикация; антагонистические отношения с другими металлами (например Fe)	Задержка в росте, плохой аппетит, изменение кожных покровов; нарушение восприятия вкуса и запаха	Токсикация; антагонистические отношения с другими металлами (например Fe)

## 2. Характеристика района исследований

### 2.1. Город Чусовой

Чусовской муниципальный район расположен в восточной части Пермского края и граничит: на севере – с Гремячинским, на востоке – с Горнозаводским, на юге – с Лысьвенским, на юго-западе – с Кунгурским, на западе – с Добрянским и Пермским районами. Протяженность с севера на юг – 70 км, с запада на восток – 85 км (рис. 2.1.1.).



Рис . 2.1.1. Географическое расположение г. Чусового на карте Пермского края [3]

Климат района умеренно-континентальный. Среднегодовая температура воздуха колеблется около 0°C, среднемесячная температура января -16°C, июля +17°C, заморозки отмечаются в мае и сентябре, а в восточной части района их вероятность велика и в июне. Высота снежного покрова достигает 80 см. Продолжительность залегания снежного покрова 170 дней. Преобладающее направление ветра в течение всего года – южное. Продолжительность вегетационного периода 118 дней, сумма температур за

этот период 1700. В течение года выпадает 500-700 мм осадков. Территория Чусовского района относится к таежной зоне.

Чусовской район относится к многолесным территориям с лесистостью около 72%. В центральной и западных частях преобладают вторичные березовые и осиновые леса, которые на Западно-Уральских Увалах сменяются пихтово-еловыми с вкраплениями мелколиственных, занимающих вырубки и гари. Общая площадь лесного фонда района составляет 286 тыс. га. Годовой расчет лесосек составляет 397 тыс.м<sup>3</sup>. Леса имеют высокое водоохранное и защитное значение, заметно истощены продолжительными и усиленными рубками.

Почвы Чусовского района неоднородны. Преобладают почвы кислые и слабокислые, тяжелосуглинистые с низким содержанием органических веществ. В зоне лесов, особенно хвойных, распространены подзолистые почвы.

По территории района протекает 45 рек один из самых многоводных притоков Камы – река Чусовая (объем среднегодового стока 6,9 км<sup>3</sup>), которая впадает в Камское водохранилище. В Чусовском районе в нее впадают реки Усьва и Лысьва. Для территории, располагающейся западнее Чусового и долины реки Усьвы, характерен равнинный, волнисто – вогнутый рельеф, со слабо врезанными речными долинами, приобретающий более резкие формы в районе Чусовского залива Камского водохранилища. Восточную часть пересекают Западно-Уральские увалы, имеющие вид полого выравненных возвышенностей, с частыми карстовыми воронками и провалами на вершинах. Склоны увалов, выходящие к долинным участкам, часто осложнены длинными логами с крутыми склонами и глубоким днищем. Речные долины глубоко врезаны. Подземные воды высоко минерализованы. Западная часть относится к необеспеченным подземным водам территориям. Доля использования подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения в районе составляет менее 20%. В долине р. Чусовой распространены залежи торфа.

В районе имеются геологические (пещеры, карстовые мосты), ландшафтные (камни, скалы), ботанические памятники и историко-природные объекты.

Население Чусовского муниципального района составляет порядка 68000 человека.

Чусовской район – территория с монопрофильной экономикой. Градообразующее предприятие АО "Чусовской металлургический завод". Численность занятых на предприятии за 2016 год 2266 человек. [19]

Основу экономики района определяют обрабатывающие производства (металлургическое производство, производство пищевых продуктов, обработка древесины и производство изделий из дерева), распределение электроэнергии, газа и воды, деятельность автомобильного и железнодорожного транспорта.

Отходы производства АО «ЧМЗ» размещаются в отвале, который начал формироваться еще в 1939 году. Отвал расположен в пойме реки Усьвы и на

первой надпойменной террасе. Шлак металлургического производства со временем на поверхности отвала размельчается до пылевидного состояния. [3]

## 2.2. Остров Закурье

Остров Закурье – одна из самых старых частей города Чусового, название острова указывает на то, что находится это место за «курьей» – участком прежнего русла реки (прил. 6, рис. 2.). В 1869 году в деревне насчитывалось 5 дворов, в которых проживало 52 человека. В настоящий момент на острове находится деревня, включающая в себя 40 домов. Сообщение между островом и городом происходит посредством навесного моста (рис. 2.2.1.).

Почва острова аллювиальная серогумусовая легкосуглинистая, на аллювии. Территория острова представляет собой заливной луг. Растительность – злаково-разнотравные ассоциации: мятлик, ежа сборная, пырей ползучий, осот желтый. [3]



Рис. 2.2.1. Вид на о. Закурье

Северная часть острова граничит с территорией Чусовского металлургического завода. Близость предприятия, оказывает отрицательное воздействие на остров. Выбросы вредных веществ в атмосферу, затопление территории во время весеннего половодья речной водой, содержащей промышленные стоки, режим ветра данной местности являются неблагоприятными факторами для формирования растительных сообществ и использования острова для выращивания сельскохозяйственных культур. Но так как на острове расположены дачные участки, и тем более, некоторые дома используются людьми для постоянного места жительства, проведение данных исследований является актуальным и значимым.

### 3. Экспериментальная часть

#### 3.1. Условия и порядок проведения полевых исследований

Полевые исследования проводили 18 июля 2018 года. Температура достигала 24-26°C, ветер северо-восточный, давление 762 мм. рт. ст., влажность 60%.

Территория острова, в зависимости от интенсивности действия антропогенных факторов, была разделена на три зоны: I – «Завод» (северо-восточная и северная часть), II – «Деревня» (центральная часть), III – «Мост» (юго-западная и южная часть) (рис. 3.1.1.).

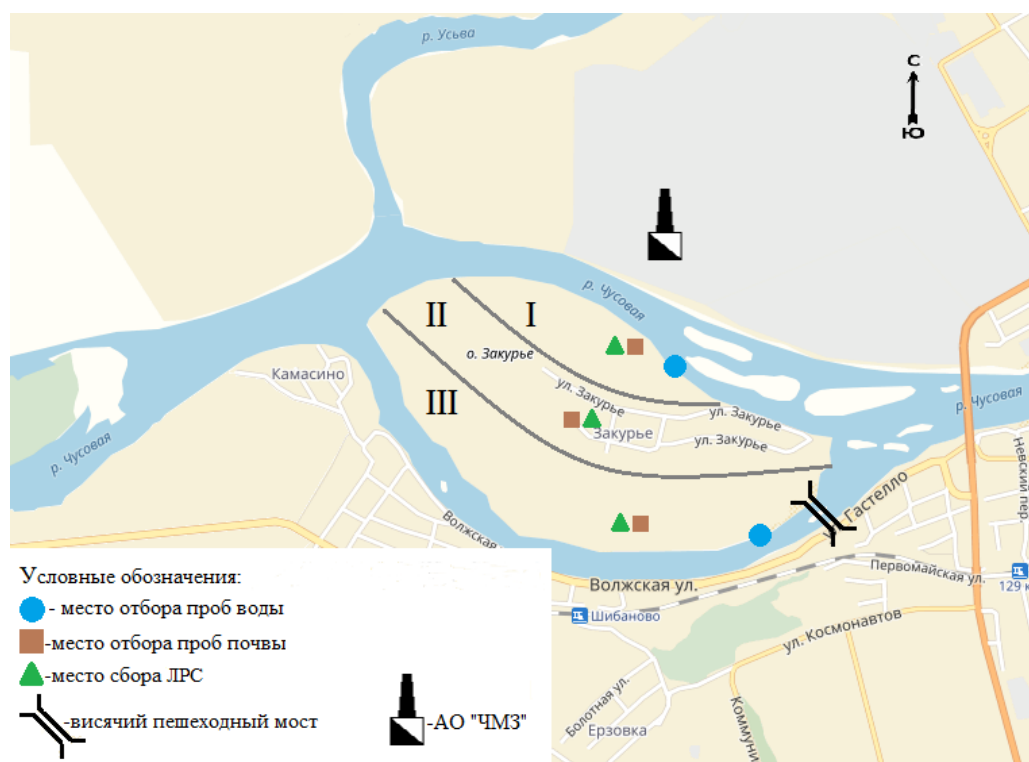


Рис. 3.1.1. Карта-схема о. Закурье г. Чусового  
(сайт: Яндекс.Карты <https://yandex.ru/maps>)  
Масштаб 1:25000 [20]

Отбор проб воды на гидрохимический анализ производили из р. Чусовая у северного и южного берегов о. Закурье. Всего было отобрано 2 поверхностных (0,1 м) и 2 глубинных (0,3 м, взесь с перифитоном) пробы. Сбор ЛРС проводили методом челнока на трех участках (I, II, III) (прил. 6, рис. 3.). Пробы почвы отбирали методом конверта (I, II, III) (прил. 6, рис. 4.).

#### 3.2. Объекты исследования

Объектами изучения являются наземные части официального лекарственного растительного сырья, собранного на территории о. Закурье, находящегося в черте города Чусового: тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.). Внешние

признаки влияния загрязнения окружающей среды на растения (изменение окраски, пятна, изменения формы вегетативных органов) отсутствовали.

### **3.3. Методы и материалы**

#### **3.3.1. Анкетирование**

Для актуализации знаний об использовании ЛРС в г. Чусовой провели анкетирование жителей. В анкете нужно было указать возрастную группу (до 25 лет; от 25 до 40; от 41 до 60; старше 60 лет) и ответить на 8 вопросов.

1. Используете ли Вы лекарственные средства?
2. Используете ли Вы лекарственные средства растительного происхождения?
3. Какими средствами растительного происхождения Вы пользуетесь? (указать название)
4. Считаете ли Вы, что средства растительного происхождения могут полностью заменить синтетические лекарственные средства (таблетки)?
5. Собираете ли Вы лекарственное растительное сырье?
6. Какое лекарственное растительное сырье Вы собираете?
7. Владете ли Вы знаниями о правилах сбора лекарственного растительного сырья?
8. Где Вы собираете лекарственное растительное сырье?

#### **3.3.2. Химический анализ**

Исследование образцов почвы и воды проводили на базе ФГБОУ ВО ПГАТУ им. Д. Н. Прянишникова, ЛРС – на базе ФГБОУ ВО ПГФА. При выполнении анализа почвы и воды использовали методики из пособий: «Практикум по агрохимии» (Минеев В.Г., 2001), «Химические методы в агроэкологическом мониторинге почвы» (Пименова Е.В., 2008), «Методика исследования почв урбанизированных территорий» (Федорец Н. Г., 2009), Химические методы анализа в мониторинге водных объектов (Пименова Е.В., 2011) (прил. 1,2). Элементный анализ образцов ЛРС был проведен с помощью рентгено флуоресцентного спектрометра «Квантикс» методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии.

#### **3.3.3. Фитотоксичность среды**

С целью определения токсичности водной и почвенной сред мы использовали метод биоиндикации с помощью редиса сорта «Французский завтрак» согласно методике, взятой из пособия «Практикум по агрохимии» (Минеев В.Г., 2001) (прил. 1).

## 4. Результаты исследований

### 4.1. Анкетирование жителей г. Чусового

Опрос жителей г. Чусового проводили в период с мая по июль 2018 года. Всего в опросе принял участие 341 человек.

Анализируя возраст респондентов, можно сказать, что основную долю (42%) опрошенных составляют чусовляне в возрасте от 25 до 40 лет, по 23% - молодежь в возрасте до 25 лет и взрослое население в возрасте от 41 до 60 лет, и только 13% составляют пожилые люди старше 60 лет.

На второй вопрос анкеты утвердительный ответ дали 213 человек (62%), таким образом, можно сделать вывод о популярности лекарственных средств растительного происхождения среди местного населения. Видовой состав ЛР, используемых жителями г. Чусового представлен в таблице 4.1.1. Проанализировав табличные данные, мы пришли к выводу, что жителями используется 35 видов растений, относящихся к 16 семействам. Из них наибольшей популярностью пользуются растения семейства астровые (*Asteraceae*), яснотковые (*Lamiaceae*), розовые (*Rosaceae*), 6 видов не являются официальными: кипрей узколистный (*Chamaenérion angustifolium*), клевер луговой (*Trifolium pratense L.*), эвкалипт косой (*Eucalyptus obliqua*), таволга вязолистная (*Filipéndula ulmária*), клюква обыкновенная (*Vaccinium oxycoccus*), володушка золотистая (*Bupleúrum auréum*). Наиболее востребованными являются ромашка аптечная (*Matricāria chamomilla*) – 20,5%, зверобой пятнистый (*Hypericum maculatum Crantz*) – 9,9%, мята перечная (*Mentha piperita L.*) – 9,3%, душица обыкновенная (*Origanum vulgare L.*) – 8,6%.

Среди тех, кто активно использует средства растительного происхождения 50% (108 человек) самостоятельно занимаются сбором ЛРС, перечень и популярность ЛР представлена на рисунке 4.1.1. Из диаграммы видно, что жители г. Чусового самостоятельно заготавливают 32 вида ЛРС. Ответы на вопросы 3 и 6 анкеты показывают, что жители г. Чусового используют в основном те лекарственные растения, которые собирают самостоятельно.

В целом, можно сделать вывод, что современные люди не готовы полностью заменить синтетические препараты лекарственными растениями: только 41 человек (9% опрошенных) ответил на вопрос 4 утвердительно.

На вопрос «Владеете ли Вы знаниями о правилах сбора лекарственного сырья?» положительный ответ дали 67% респондентов (из числа тех, кто собирает ЛРС).

Анализируя анкеты, мы узнали, что большинство опрошенных собирают растения в лесу, на собственном дачном участке или лугу. Но все-таки 4% собирают растения около дорог.

Таблица 4.1.1.

## Характеристика лекарственных растений, используемых жителями г. Чусового

№ п/п	Вид	Семейство	Часть растения	Официальность сырья	Востребованность, %
1	2	3	4	5	6
1.	Ромашка аптечная ( <i>Matricāria chamomilla</i> )	Астровые ( <i>Asteraceae</i> )	Цветки ( <i>Flores</i> )	+	20,5
2.	Зверобой пятнистый ( <i>Hypericum maculatum Crantz</i> )	Зверобойные ( <i>Hypericaceae</i> )	Трава ( <i>Herba</i> )	+	9,9
3.	Мята перечная ( <i>Mentha piperita L.</i> )	Яснотковые ( <i>Lamiaceae</i> )	Трава ( <i>Herba</i> )	+	9,3
4.	Душица обыкновенная ( <i>Origanum vulgare L.</i> )	Яснотковые ( <i>Lamiaceae</i> )	Трава ( <i>Herba</i> )	+	8,6
5.	Подорожник большой ( <i>Plantāgo mājor</i> )	Подорожниковые ( <i>Plantaginaceae</i> )	Листья ( <i>Folia</i> )	+	4,8
6.	Календула лекарственная ( <i>Calendula officinalis L.</i> )	Астровые ( <i>Asteraceae</i> )	Цветки ( <i>Flores</i> )	+	4,8
7.	Шалфей лекарственный ( <i>Sālvia officinālis</i> )	Яснотковые ( <i>Lamiaceae</i> )	Листья ( <i>Folia</i> )	+	3,9
8.	Мелисса лекарственная ( <i>Melissa officinalis</i> )	Яснотковые ( <i>Lamiaceae</i> )	Трава ( <i>Herba</i> )	+	3,8
9.	Шиповник майский ( <i>Rosa mājalis Herrm.</i> )	Розовые ( <i>Rosaceae</i> )	Плоды ( <i>Fructus</i> )	+	3,8
10.	Чистотел большой ( <i>Chelidonium mājus L.</i> )	Маковые ( <i>Papaveraceae</i> )	Трава ( <i>Herba</i> )	+	3,4
11.	Липа сердцевидная ( <i>Tilia cordata Mill.</i> )	Мальвовые ( <i>Malvaceae</i> )	Цветки ( <i>Flores</i> )	+	3,4
12.	Мать-и-мачеха обыкновенная ( <i>Tussilago farfara L.</i> )	Астровые ( <i>Asteraceae</i> )	Листья ( <i>Folia</i> )	+	3,1
13.	Крапива двудомная ( <i>Urtica dióica</i> )	Крапивные ( <i>Urticaceae</i> )	Листья ( <i>Folia</i> )	+	2,9
14.	Малина обыкновенная ( <i>Rubus idaeus L.</i> )	Розовые ( <i>Rosaceae</i> )	Плоды ( <i>Fructus</i> )	+	2,7
15.	Кипрей узколистный ( <i>Chamaenérion angustifolium</i> )	Кипрейные ( <i>Onagraceae</i> )	Листья ( <i>Folia</i> )	-	2,5
16.	Чабрец ползучий ( <i>Thýmus serpyllum</i> )	Яснотковые ( <i>Lamiaceae</i> )	Трава ( <i>Herba</i> )	+	1,3
17.	Дуб обыкновенный ( <i>Quércus róbur</i> )	Буковые ( <i>Fagaceae</i> )	Кора ( <i>Cortex</i> )	+	1,3

1	2	3	4	5	6
18.	Пустырник сердечный ( <i>Leonurus cardiaca L.</i> )	Яснотковые ( <i>Lamiaceae</i> )	Трава ( <i>Herba</i> )	+	1,1
19.	Пижма обыкновенная ( <i>Tanacetum vulgare L.</i> )	Астровые ( <i>Asteraceae</i> )	Цветки ( <i>Flores</i> )	+	1,1
20.	Тысячелистник обыкновенный ( <i>Achillea millefolium L.</i> )	Астровые ( <i>Asteraceae</i> )	Трава ( <i>Herba</i> )	+	0,9
21.	Валериана лекарственная ( <i>Valeriana officinalis</i> )	Жимолостные ( <i>Caprifoliaceae</i> )	Корни ( <i>Radices</i> )	+	0,9
22.	Клевер луговой ( <i>Trifolium pratense L.</i> )	Бобовые ( <i>Fabaceae</i> )	Цветки ( <i>Flores</i> )	-	0,7
23.	Эвкалипт косой ( <i>Eucalyptus obliqua</i> )	Миртовые ( <i>Myrtaceae</i> )	Листья ( <i>Folia</i> )	-	0,7
24.	Черёда трёхраздельная ( <i>Bidens tripartita</i> )	Астровые ( <i>Asteraceae</i> )	Трава ( <i>Herba</i> )	+	0,7
25.	Таволга вязолистная ( <i>Filipendula ulmaria</i> )	Розовые ( <i>Rosaceae</i> )	Цветки ( <i>Flores</i> )	-	0,7
26.	Трутовик скошенный ( <i>Inonotus obliquus</i> )	Гименохетовые ( <i>Hymenochaetaceae</i> )	-	+	0,5
27.	Брусника обыкновенная ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> )	Вересковые ( <i>Ericaceae</i> )	Листья ( <i>Folia</i> )	+	0,5
28.	Одуванчик лекарственный ( <i>Taraxacum officinale</i> )	Астровые ( <i>Asteraceae</i> )	Корни ( <i>Radices</i> )	+	0,4
29.	Земляника лесная ( <i>Fragaria vesca</i> )	Розовые ( <i>Rosaceae</i> )	Листья ( <i>Folia</i> )	+	0,4
30.	Клюква обыкновенная ( <i>Vaccinium oxycoccos</i> )	Вересковые ( <i>Ericaceae</i> )	Плоды ( <i>Fructus</i> )	-	0,4
31.	Володушка золотистая ( <i>Bupleurum aureum</i> )	Зонтичные ( <i>Apiaceae</i> )	Трава ( <i>Herba</i> )	-	0,4
32.	Черника обыкновенная ( <i>Vaccinium myrtillus L.</i> )	Вересковые ( <i>Ericaceae</i> )	Плоды ( <i>Fructus</i> )	+	0,2
33.	Черёмуха обыкновенная ( <i>Prunus padus</i> )	Розовые ( <i>Rosaceae</i> )	Плоды ( <i>Fructus</i> )	+	0,2
34.	Рябина обыкновенная ( <i>Sorbus aucuparia</i> )	Розовые ( <i>Rosaceae</i> )	Плоды ( <i>Fructus</i> )	+	0,2
35.	Сабельник болотный ( <i>Comarum palustre</i> )	Розовые ( <i>Rosaceae</i> )	Листья ( <i>Folia</i> ), Трава ( <i>Herba</i> ), Плоды ( <i>Fructus</i> )	+	0,2

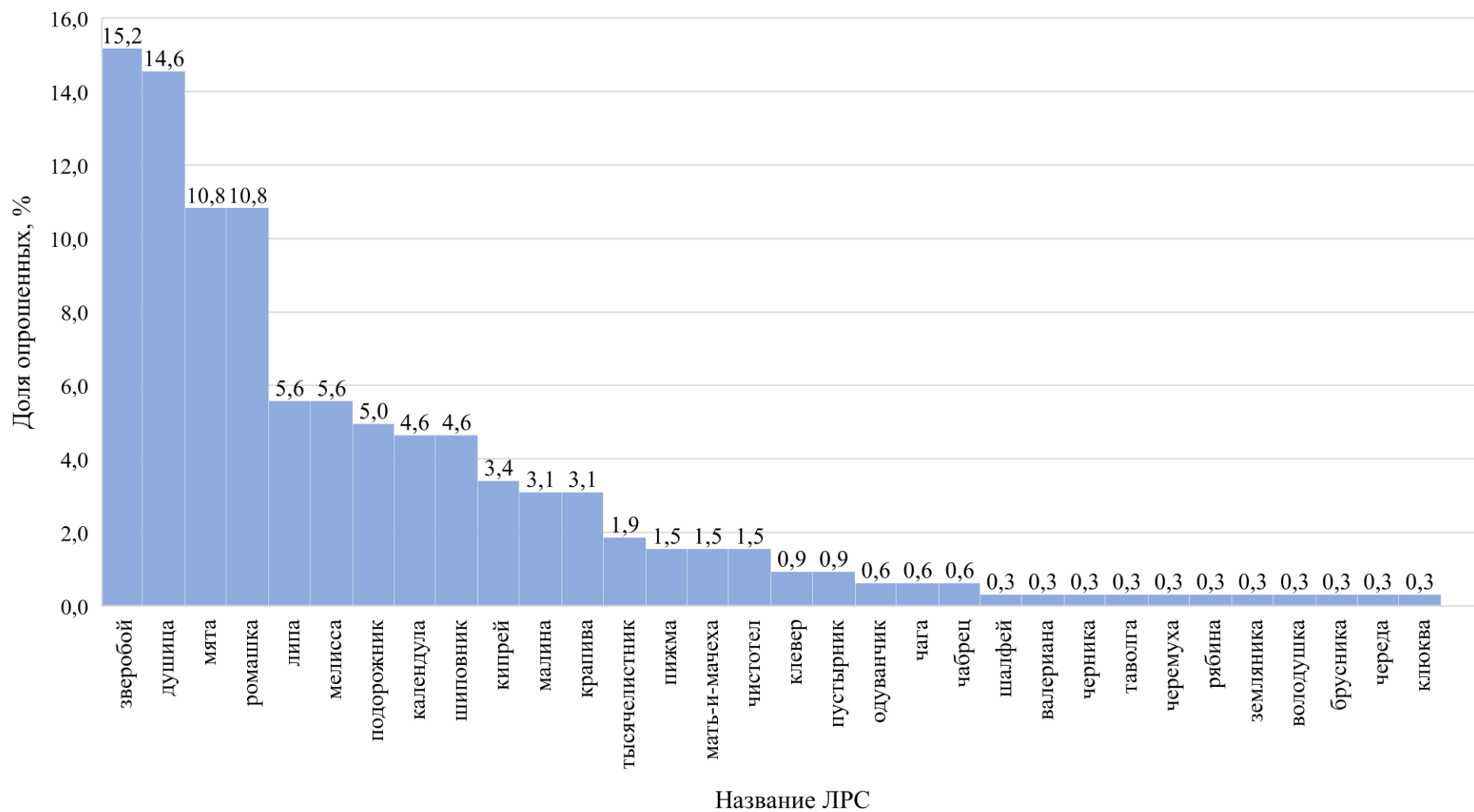


Рис. 4.1.1. ЛРС, заготавливаемое жителями г. Чусового

## 4.2. Анализ проб воды

В ходе исследований отобрали поверхностные гидрохимические пробы воды у северного (I) и южного (III) участков о. Закурье, а также пробы воды с эпилимном (I-II, III-II). Результаты химического анализа воды представлены в таблице 4.2.1. и приложении №3. Такие показатели, как кислотность среды, общая минерализация, содержание ионов железа и нитрат-ионов не превышают ПДК (СанПиН 2.1.5.980-00.2.1.5. [13]), значения на разных пробоотборных точках практически одинаковы. В то же время в поверхностных пробах воды значение УЭП превышено в 7 раз, а содержание фосфат-ионов в 2 раза. В пробах воды с фитоэпилимном значение УЭП у южного берега выше нормы в 6 раз, у северного – 5 раз. А содержание фосфат-ионов примерно в 10 раз превышает ПДК. Таким образом, можно сделать вывод о том, что поверхностный слой воды является загрязненным, а глубинный – грязным.

Показатель токсичности превышает допустимые значения у северного берега острова, то есть в районе АО «ЧМЗ» (табл. 4.2.2.). Длина зародышевого корешка ниже контроля и имеет практически одинаковое значение и у северного, и у южного берегов (табл. 4.2.3.). Результаты измерения длины проростков семян редиса представлены в приложении №5.

Таблица 4.2.1.

Сравнительные результаты гидрохимического анализа водных образцов

Показатель	I	III	I-II	III-II	ПДК
pH	7,7	7,7	6,9	6,6	<b>6,5-8,5</b>
УЭП, мкСм/см	137,4	137,4	95,8	124,6	<b>20,0</b>
Общая минерализация (NaCl), мг/дм <sup>3</sup>	64,8	64,9	45,2	60,9	<b>1000,0</b>
Fe <sub>общ</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,008	0,008	0,026	0,024	<b>0,300</b>
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,11	0,11	0,57	0,48	<b>0,05</b>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	1,0	0,7	1,0	0,9	<b>45,0</b>

Таблица 4.2.2.

Всхожесть семян редиса сорта Французский завтрак, %

Вариант опыта	Повторность				Токсичность
	1	2	3	среднее	
Контроль	100	100	100	100	0
I	82	82	80	81	19
III	86	86	86	86	14
Контроль	98	100	96	98	0
I-II	76	76	78	77	22
III-II	86	82	82	83	15

Таблица 4.2.3.

Среднее значение длины зародышевого корешка, мм

Вариант опыта	Повторность			Длина
	1	2	3	
Контроль	40,1	40,4	41,0	40,5±2,7
I	27,9	28,3	28,8	28,4±2,6
III	30,6	31,2	30,1	30,6±3,0
Контроль	22,0	21,9	22,1	22,0±3,5
I-II	16,2	15,9	15,9	16,0±3,5
III-II	16,3	15,4	14,3	15,4±3,4

### 4.3. Анализ почвы

Результаты агрохимического анализа почвы представлены в таблице 4.3.1. и приложении №4. Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод о том, что почва участка II «Деревня» является более загрязненной, чем участков I «Завод» и III «Мост». Так, содержание железа выше более чем в 2 раза, меди – 0,75-2 раза, и значительно ниже значение активности каталазы. Согласно гигиеническим нормативам (ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2042-06 [10]) содержание меди в районе «Завод» превышает ПДК в 40 раз, «Деревня» – 54 раза, «Мост» – 27 раз.

Таблица 4.3.1.

Сравнительные результаты агрохимического анализа проб почвы

Показатель		I	II	III
Содержание железа, мг/кг		0,95	2,12	0,84
Содержание меди, мг/кг		121,90	162,50	82,30
Каталазная активность почвы, см <sup>3</sup> O <sub>2</sub> на 1 г/мин	значение	1,8	1,2	2,1
	степень обогащенности	бедная	бедная	бедная

Таблица 4.3.2.

Всхожесть семян редиса сорта Французский завтрак, %

Вариант опыта	Повторность				Токсичность
	1	2	3	среднее	
Контроль	100	98	98	99	0
I	72	68	74	71	28
II	68	72	66	69	30
III	76	74	74	75	24

С целью выявления токсичности почвы провели эксперимент с использованием редиса сорта «Французский завтрак» (табл. 4.3.2., 4.3.3.). Результаты измерения длины проростков семян редиса представлены в приложении №5. Опытные данные показывают, что почва исследуемой территории является токсичной, и в наибольшей степени токсична почва в районе «Деревня». Длина зародышевого корешка в варианте опыта II меньше контроля на 40%, в то время как в вариантах I и III меньше на 30% и 20%.

Таблица 4.3.3.

Среднее значение длины зародышевого корешка, мм

Вариант опыта	Повторность			Длина
	1	2	3	
Контроль	30,7	30,4	30,6	30,6±2,2
I	20,5	20,6	21,5	20,9±2,3
II	18,2	18,6	19,1	18,6±2,3
III	24,1	24,8	25,3	24,7±2,4

#### 4.4. Анализ лекарственного растительного сырья

Для получения достоверной информации о влиянии экологических условий на ЛР, произрастающие на о. Закурье г. Чусового, необходимо было собрать сырье с каждой из выделенных зон. Результаты опроса показали популярность ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla*), однако на территории Пермского края данный вид не произрастает. Зверобой пятнистый (*Hypericum maculatum Crantz*), мята перечная (*Mentha piperita L.*) и душица обыкновенная (*Origanum vulgare L.*) произрастают на отдельных участках острова. Сопоставив результаты анкетирования и видовой состав ЛР территории исследований, в качестве объектов выбрали такие виды, как пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare L.*) и тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium L.*).

Полученные результаты сравнивали с ПДК (СанПиН 42–123–4089–86 ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОДОВОЛЬСТВЕННОМ СЫРЬЕ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ). [14]

Результаты спектрального анализа ЛРС представлены в таблице 4.4.1.

Таблица 4.4.1.

Сравнительные результаты спектрального анализа ЛРС

Элемент	Содержание элемента, мг/кг						ПДК
	Пижма обыкновенная ( <i>Tanacetum vulgare L.</i> )			Тысячелистник обыкновенный ( <i>Achillea millefolium L.</i> )			
	I	II	III	I	II	III	
Cu	24,1	26,4	25,0	32,7	30,4	25,2	<b>5,0</b>
Zn	74,1	72,7	70,9	74,1	92,3	75,0	<b>10,0</b>
Cr	0,0	0,0	4,9	7,7	3,1	3,4	<b>0,2</b>
Ni	3,9	3,5	15,0	2,1	8,6	9,6	<b>0,5</b>
Pb	0,0	5,1	0,0	2,1	0,0	1,0	<b>0,5</b>
Sn	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	<b>200,0</b>
Fe	121,4	107,5	103,4	182,3	194,8	141,0	-

Во всех образцах ЛРС, собранного на территории о. Закурье наблюдается превышение содержания ТМ (за исключением олова). Количество железа в тканях растений не определено нормами, однако его содержание в образцах растений значительно, особенно в сырье тысячелистника обыкновенного. Концентрация меди в наземной части исследуемых растений на всех участках о. Закурье превышает ПДК в 5-6 раз. Такая концентрация может быть обусловлена участием

меди в обмене веществ либо повышенным содержанием элемента в почве. Значительное превышение концентрации цинка также отмечено во всех образцах (в 7-9 раз). Распределение никеля неравномерно и его превышение составляет 7-30 раз. Не на всех участках произрастания исследуемых растений отмечено превышение содержания хрома. Так, хром обнаружен в образцах пижмы, взятой на анализ на III участке «Мост» (превышение ПДК в 24,5 раза); в образцах тысячелистника обыкновенного наблюдается превышение норм в 16-40 раз. Основным фитотоксикантом среди анализируемых нами элементов является свинец, не проявляющий биогенности, но отличающийся высокой токсичностью и темпами накопления в среде. В образцах пижмы, отобранных в районе «Деревня», содержание свинца превышено в 10 раз, в образцах тысячелистника – в 2 раза в районе «Мост», в 4 раза в районе «Завод».

## Выводы

1. В процессе работы над исследованием для актуализации знаний о проблеме загрязнения среды ТМ, знакомства с исторической, физико-географической характеристиками о. Закурье, знакомства с методикой проведения эксперимента изучили 18 литературных и 2 интернет-источника.
2. Проведенный опрос жителей г. Чусового показал популярность лекарственных средств растительного происхождения, но в то же время неготовность людей к полному отказу от синтетических лекарственных препаратов.
3. Учитывая интенсивность влияния антропогенных факторов, территорию острова разделили на 3 зоны: «Завод», «Деревня», «Мост».
4. В ходе исследования отобрали образцы ЛРС и почвы, пробы воды с разных зон о. Закурье и провели их химический анализ.
5. Оценивая экологические риски, которые могут возникнуть при сборе ЛРС на территории острова, можно сделать следующие выводы:
  - поверхностный слой воды р. Чусовая в районе о. Закурье (северный и южный берега) является загрязненным, а глубинный – грязным, что связано со сбросом сточных вод и стоком фильтратов со шлаковых отвалов АО «ЧМЗ»;
  - почва участка II «Деревня» является более загрязненной и токсичной, чем почва участков I «Завод» и III «Мост»;
  - неравномерность содержания ТМ в образцах растений, произрастающих на разных участках о. Закурье, пробах почвы и воды связана с разноудаленностью источников загрязнения;
  - специфика накопления ТМ в растениях может быть обусловлена биологическими особенностями (избирательностью поглощения корневой системой, либо метаболическими процессами в тканях) и содержанием их в почве;
  - высокий уровень содержания подвижных соединений меди в почве, значительное превышение содержания ТМ в образцах ЛРС на всей территории острова являются неблагоприятными показателями для возделывания сельскохозяйственных культур и сбора растений.

## Библиографический список

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях // Л: Агропромиздат, 1987
2. Будников Г.К., Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем. – Казань, 1998
3. Васильев А.А. Тяжелые металлы в почвах города Чусового: оценка и диагностика загрязнения [Текст]: монография. / А.А. Васильев, А.Н. Чашин, М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 197с.; 20 см. – 100 экз.
4. Куркин В.А., Авдеева Е.В., Суворова Г.Н., Дубищев А.В., Актуальные проблемы и перспективы развития фитотерапии и фитотерапии. – Самара, 2008
5. Куркин В.А. ФАРМАКОГНОЗИЯ: Учебник для студентов фармацевтических вузов. – Самара: ООО «Офорт», ГОУВПО «СамГМУ», 2004. – 1180 с.
6. Митрохин О.В. Оценка транслокального загрязнения как составная часть социальногигиенического мониторинга / О.В. Митрохин // Здоровье населения и среда обитания. 2001. - № 9. - С. 1114.
7. Пименова Е.В., Леснов А.Е. Химические методы в агроэкологическом мониторинге почвы. [Текст]: Учебное пособие / Е.В. Пименова, А.Е. Леснов, ФГОУ ВПО Пермская ГСХА.- Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО Пермская ГСХА, 2008.- 145 с.; 20 см.- 150 экз.
8. Пименова Е.В. Химические методы анализа в мониторинге водных объектов [Текст]: / Е.В. Пименова; М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011.- 138 с.-100 экз.
9. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. академика РАСХН Минеева В.Г. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
10. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с.
11. Ревич Б.А. Проблемы прогнозирования, «горячие точки» химического загрязнения окружающей среды и здоровье населения России // под ред. В.М. Захарова. 2007
12. Русакова О.А., Ральченко И.В., Герберт И.Я., Вердиева С.И., Изучение аптечного ассортимента фитопрепаратов. – Тюмень, 2015
13. СанПиН 2.1.5.980-00.2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы (посл. изм. от 25.09.2014)
14. СанПиН 42–123–4089–86 ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ.
15. Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.
16. Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь-справочник / Орлов Д.С., Малинина М.С., Мотузова Г.В. и др. – М.: Агропромиздат, 1991. – 303 с.: ил.

17. Чубирко М.И. Гигиеническая диагностика влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения /М. И. Чубирко, Н. М. Пичужкина // Здоровье населения и среда обитания. - 2008. - Янв. (№ 1).
18. Экологические аспекты действия химических загрязнителей: Часть 2. Металлы как экологический фактор риска для биосферы: Учеб.пособие/ Авт. – сост.; – Пьянкова В.И., Москвитинова Т.Б, Пантелеева Л.А, Павлова С.Ш.; Перм. гос. пед. ун – т. – Пермь, 2003 г. – 334 с.
19. [Электронный ресурс] URL: <http://www.chusrayon.ru> Дата обращения: 29.09.2018
20. Яндекс.Карты [Электронный ресурс] URL: <https://yandex.ru/maps> Дата обращения 29.09.2018

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Анализ проб воды

### 1. Определение минерализации воды и удельной электропроводности

**Сущность метода.** Анализ основан на определении удельной электропроводности воды.

#### Ход определения.

Отобранную воду комнатной температуры наливают в стакан и опускают в нее электрод кондуктометра. Ячейка электрода должна быть полностью погружена в воду. Воду перемешивают электродом и снимают показания прибора в режиме «удельная электропроводность» в мкСм/см или в пересчете на хлорид натрия в мг/дм<sup>3</sup>. [8]

### 2. Потенциометрическое определение рН

**Сущность метода.** Потенциометрическое определение рН со стеклянным электродом основано на том, что изменение значения рН на единицу в определенной области рН вызывает изменение потенциала электрода на 58,1 мВ при 20°С. Пределы линейной зависимости потенциала электрода от рН обусловлены свойствами стеклянного электрода.

#### Ход определения.

Электроды тщательно промывают дистиллированной водой. Для определения рН среды отбирают пробу воды, нагревают ее до 20°С и измеряют рН воды. [8]

### 3. Фотоколориметрическое определение фосфатов

**Сущность метода.** Метод основан на взаимодействии фосфат-ионов в кислой среде с молибдатом аммония и образованием фосфорномолибденовой гетерополикислоты, которая восстанавливается аскорбиновой кислотой в присутствии сурьмяно-виннокислого калия до фосфорномолибденового комплекса, окрашенного в голубой цвет. Максимум поглощения соответствует длине волны 690 нм.

#### Ход определения.

**Построение градуировочного графика.** В мерные колбы на 100 см<sup>3</sup> из бюретки наливают 0 (нулевой раствор), 2, 5, 10, 15, 20 см<sup>3</sup> раствора с содержанием фосфат-ионов 1 мкг/см<sup>3</sup>. Концентрация фосфат-иона в приготовленных растворах будет 0; 0,04; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 мг/дм<sup>3</sup>, соответственно. Добавляют из другой бюретки определенный объем дистиллированной воды, чтобы суммарный объем жидкости составил 50 см<sup>3</sup>. Прибавляют 5,0 см<sup>3</sup> смешанного реактива и через 30 секунд – 0,5 см<sup>3</sup> раствора аскорбиновой кислоты. Смесь перемешивают (до метки дистиллированную воду не добавляют!). Через 15 минут измеряют оптическую плотность полученного раствора по отношению к нулевому раствору при длине волны 690 нм, кювета 5 см.

Строят градуировочный график в координатах оптическая плотность – концентрация фосфат-иона, мг/дм<sup>3</sup>.

**Определение содержания фосфатов в пробе.** В мерную колбу на 100 см<sup>3</sup> наливают 50 см<sup>3</sup> пробы, отфильтрованной через плотный бумажный фильтр (синяя лента), прибавляют 5,0 см<sup>3</sup> смешанного реактива и через 30 секунд – 0,5 см<sup>3</sup> раствора аскорбиновой кислоты. Смесь перемешивают (до метки дистиллированную воду не добавляют!). Через 15 минут измеряют оптическую

плотность полученного раствора по отношению к нулевому раствору при длине волны 690 нм, кювета 5 см.

Содержание фосфат-ионов  $X$  (мг/дм<sup>3</sup>) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{C \times 50}{V_{\text{пробы}}}$$

$C$  – концентрация фосфат-ионов, найденная по графику, мг/дм<sup>3</sup>;

50 – объем, до которого была разведена проба, см<sup>3</sup>;

$V_{\text{пробы}}$  – объем воды, взятый для анализа, см<sup>3</sup>. [8]

#### **4. Фотометрическое определение нитратов с салицилатом натрия**

**Сущность метода.** В среде концентрированной серной кислоты нитрат-ионы реагируют с салицилатом натрия, образуя смесь 3-нитросалициловой и 5-нитросалициловой кислот, соли которых в щелочной среде имеют желтую окраску.

##### **Ход определения.**

**Построение градуировочного графика.** В фарфоровые чашки вносят 0; 1; 5; 10; 15; 20 см<sup>3</sup> рабочего стандартного раствора с концентрацией нитратов 0,01 мг/см<sup>3</sup>, что соответствует содержанию нитратов 0; 0,01; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2 мг, добавляют по 1 см<sup>3</sup> раствора салицилата натрия и выпаривают на водяной бане досуха (не перегревать!). После охлаждения сухой остаток смачивают 1 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты, тщательно растирают его стеклянной палочкой и оставляют на 10 минут. Затем содержимое чашки разбавляют 15 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, переносят количественно в мерную колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup>, обмывая стенки чашки дистиллированной водой. Приливают 7 см<sup>3</sup> раствора гидроксида натрия и сегнетовой соли, доводят дистиллированной водой до метки и полученный окрашенный раствор фотометрируют при длине волны 410 нм (фиолетовый светофильтр), пользуясь кюветами с толщиной слоя 2 см. Окраска устойчива в течение 10 минут после прибавления раствора гидроксида натрия, в дальнейшем окраска изменяется. В качестве раствора – фона используют холостой (нулевой) раствор, полученный из дистиллированной воды, проведенной через весь анализ. Строят калибровочный график в координатах оптическая плотность – содержание нитратов (мг).

**Определение концентрации нитратов в воде.** Если анализируемая вода содержит окрашенные органические вещества, отбирают 75 см<sup>3</sup> пробы, прибавляют 2 см<sup>3</sup> суспензии гидроксида алюминия, тщательно перемешивают, оставляют на несколько минут и фильтруют, отбрасывая первые порции фильтрата. В фарфоровую чашку помещают 10 см<sup>3</sup> фильтрата (или первоначальной пробы, если обработку гидроксидом алюминия не проводили), прибавляют 2 см<sup>3</sup> раствора салицилата натрия и выпаривают на водяной бане досуха. Сухой остаток обрабатывают так же, как и при построении градуировочного графика.

Содержание нитратов  $X$  (мг/дм<sup>3</sup>) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{C \times 1000}{V_{\text{пробы}}}$$

$C$  – содержание нитратов, найденное по графику, мг;

1000 – пересчет на 1 дм<sup>3</sup>;

$V_{\text{пробы}}$  – объем пробы воды, взятой для анализа, см<sup>3</sup>. [8]

## 5. Фотометрическое определение железа с сульфосалициловой кислотой

**Сущность метода.** Железо (III) с сульфосалициловой (2-гидрокси-5-сульфобензойной) кислотой образует различные по составу комплексы в зависимости от кислотности раствора. В кислой среде в интервале рН 1,8-2,5 образуется комплексный катион моносульфосалицилата железа красного цвета, при рН 4,0-8,0 доминирует комплексный анион дисульфосалицилата железа, а в интервале рН 8,0-11,5 образуется трисульфосалицилат железа желтого цвета. Сульфосалицилатные комплексы железа используют для дифференцированного определения железа (III) и железа (II) при их совместном присутствии. Железо (III) определяют в кислой среде в виде моносульфосалицилатного комплекса, а в щелочной среде в виде трисульфосалицилата определяют суммарное содержание железа (III) и железа (II).

### Ход определения.

**Построение градуировочного графика.** Для приготовления стандартных растворов в мерные колбы вместимостью 100 см<sup>3</sup> вносят 1, 2, 3, 4 и 5 см<sup>3</sup> стандартного раствора соли железа с концентрацией 0,06 мг/см<sup>3</sup>, что соответствует 0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0 мкг железа, добавляют по 10 см<sup>3</sup> раствора сульфосалициловой кислоты, по 10 см<sup>3</sup> раствора аммиака, доводят дистиллированной водой до метки и перемешивают. Через 5 минут измеряют на фотоколориметре или спектрофотометре оптическую плотность приготовленных стандартных растворов при 416 нм (фиолетовый или синий светофильтр) относительно раствора холостой пробы, содержащей все добавляемые реактивы, кроме железа; кювета 2-3-5 см. Строят линейный градуировочный график в координатах оптическая плотность – масса железа, мкг.

**Анализ пробы.** В мерную колбу на 100 см<sup>3</sup> наливают 50 см<sup>3</sup> исследуемой воды, добавляют 10 см<sup>3</sup> 10% раствора сульфосалициловой кислоты, перемешивают и затем добавляют 10 см<sup>3</sup> 10% раствора аммиака. Реакция среды должна быть слабощелочной, что необходимо проверить с помощью индикаторной бумаги. Доводят объем дистиллированной водой до метки, перемешивают и через 5 минут фотометрируют при 416 нм относительно раствора холостой пробы.

Содержание общего железа  $X$  (мг/дм<sup>3</sup>) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m}{V_{\text{пробы}}}$$

$m$  – масса железа, найденная по графику, мкг;

$V_{\text{пробы}}$  – объем пробы воды, взятой для определения, см<sup>3</sup>. [8]

## 6. Определение фитотоксичности

**Сущность метода.** Метод основан на высокой отзывчивости семян редиса на токсические вещества. Расчет ведется путем учета снижения длины корней проростков семян в растворах вытяжек.

### Ход определения.

**Подготовка к анализу.** Семена редиса откалибровывают по размеру и по цвету, отсчитывают по 50 шт. и помещают в стеклянные стаканчики. Количество стаканчиков с семенами соответствует числу анализируемых образцов.

Водопроводную воду кипятят 10-15 минут, по истечению времени закрывают ватной пробкой и дают остыть.

Чашки Петри, тщательно высушенные, протирают ватным диском, смоченным в спирте. На дно каждой чашки укладывают три ватных диска, соприкасающиеся между собой. Поверхность дисков тщательно выравнивают и укладывают по 50 штук сухих семян редиса в каждую чашку. Мерной пипеткой отбирают аликвоту пробы воды 10 см<sup>3</sup> или 10 см<sup>3</sup> кипяченой водопроводной воды и заливают в чашки Петри с семенами. Чашки закрывают и выдерживают при комнатной температуре.

Каждый вариант опыта закладывается в 3х кратной повторности.

На третьи сутки замеряют мерной линейкой длину корня, учитывают количество не проросших семян. Для каждой повторности рассчитывают среднее значение, а далее проводят математическую обработку полученных результатов. Токсическое действие загрязнителя доказано, если токсичность более 15 %

**Математическая обработка.** Погрешности наблюдений бывают случайными, т.е. являются следствием случайных причин и несовершенства органов чувств наблюдателя, и систематическими, которые повторяются при всех наблюдениях и зависят от неправильной настройки прибора или от недостатка методик. Случайные ошибки могут быть выявлены при увеличении количества наблюдений, в отличие от систематических погрешностей, которые повторяются и не могут быть исключены с помощью оценок средних результатов.

Истинное значение искомой длины (М) определяют по формуле:

$$M = M_{\text{ср}} \pm F_m \times 4,3$$

$M_{\text{ср}}$  – среднее значение длины проростка;

$F_m$  – средняя квадратичная погрешность;

4,3 – коэффициент Стьюдента.

Токсичность ( $T_e$ ) определяли по формуле:

$$T_e = \frac{B_k - B_v}{B_k} \times 100\%$$

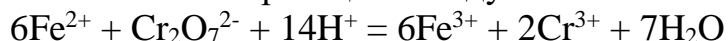
$B_k$  – процент всхожих семян в контроле;

$B_v$  – процент всхожих семян в варианте опыта. [9]

## Анализ проб почвы

### 1. Определение железа (II)

**Сущность метода.** Метод основан на протекании в кислом растворе окислительно-восстановительной реакции между ионами  $Fe^{2+}$  и  $Cr_2O_7^{2-}$ :



Конечную точку титрования определяют по изменению цвета окислительно-восстановительного индикатора – дифениламина.

#### Ход определения.

Навеску почвы 2-5 г, взвешенную на аналитических весах, помещают в коническую колбу емкостью 250 см<sup>3</sup> и прибавляют 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды. Вносят в колбу 3-4 кусочка чистого мрамора, приливают 20 см<sup>3</sup> 10% раствора соляной кислоты, накрывают колбу часовым стеклом или воронкой, нагревают на плитке до кипения и кипятят 30 минут (до полного разложения карбонатов почвы). Затем прибавляют 20 см<sup>3</sup> 10% раствора соляной кислоты и разбавляют раствор дистиллированной водой до объема ~150 см<sup>3</sup>. Охлаждают колбу, прибавляют 5 см<sup>3</sup> раствора ортофосфорной кислоты (1:2), фильтруют. К фильтрату добавляют 2-3 капли индикатора дифениламина и титруют 0,1 Н раствором дихромата калия до появления синей или лилово-бурой окраски.

Содержание  $Fe^{2+}$  в почве (х, мг/кг) вычисляется по формуле:

$$x = \frac{a \times 0,005584 \times 1000}{m}$$

$a$  – объем 0,1 Н раствора дихромата калия, пошедшего на титрование, см<sup>3</sup>;

0,005584 – количество железа в граммах, соответствующие 1 см<sup>3</sup> 0,1 Н раствора дихромата калия;

$m$  – навеска почвы, г. [7]

### 2. Определение содержания меди

**Сущность метода.** Определение меди в почве фотометрическим методом основано на образовании окрашенного растворимого в органических растворителях комплекса иона меди с диэтилдитиокарбаматом свинца (II).

Диэтилдитиокарбамат свинца (II) образует окрашенные комплексы не только с медью, но и с рядом других элементов, поэтому, чтобы определение было селективным, необходимо строгое соблюдение рН. Реакция проходит в щелочной среде, при которой возможно образование гидроксидов ряда металлов, с которыми может осаждаться медь. Поэтому используют раствор диэтилдитиокарбамата свинца в четыреххлористом углероде, образовавшийся комплекс меди растворяют в хлороформе или четыреххлористом углероде, в присутствии анионов лимонной кислоты гидроксиды железа, цинка, марганца и другие остаются в водной фазе.

#### Ход определения.

Для определения подвижных соединений меди используют ацетатно-аммонийный буферный раствор с рН 4,8. Отношение почвы к раствору 1:10, время взаимодействия 1 час при взбалтывании на ротаторе или настаивание в течение суток. Полученную суспензию фильтруют через складчатый фильтр, первые порции фильтрата отбрасывают.

Если исследуемая вытяжка исходно сильно окрашена (торфяные или другие почвы с высоким содержанием органических веществ), то в ней предварительно разрушают органическое вещество. Для этого 20-50 см<sup>3</sup> исследуемой почвенной вытяжки помещают в стакан из термостойкого стекла, добавляют 2 см<sup>3</sup> азотной кислоты (1:1) и 2 см<sup>3</sup> концентрированной перекиси водорода. Содержимое упаривают на водяной бане до получения влажных солей. Обработку остатка повторяют до тех пор, пока окраска не станет светло-желтой. Полученный остаток растворяют при нагревании в 10 см<sup>3</sup> разбавленной соляной кислоты, раствор переносят в делительную воронку.

Шкалу стандартных растворов готовят в пределах от 0 до 20 мкг меди. В делительную воронку наливают из бюретки 0; 2; 5; 8; 10; 14; 18; 20 см<sup>3</sup> стандартного раствора с содержанием меди 1 мкг/см<sup>3</sup>, добавляют из другой бюретки определенный объем дистиллированной воды так, чтобы суммарный объем жидкости составил 20 см<sup>3</sup>. Приливают 5 см<sup>3</sup> 5% лимоннокислого аммония и по фенолфталеину нейтрализуют разбавленным аммиаком до розовой окраски (по каплям). Затем в воронку из бюретки приливают 15 см<sup>3</sup> раствора диэтилдитиокарбамата свинца (II) в четыреххлористом углероде и энергично встряхивают в течение ровно 2 минут. После разделения фаз нижний слой четыреххлористого углерода, окрашенный в коричневый цвет комплексом меди с диэтилдитиокарбаматом, отфильтровывают через складчатый фильтр непосредственно в фотометрическую кювету с толщиной слоя 10 или 20 мм. Сразу же определяют оптическую плотность при 436 нм (синий светофильтр) относительно чистого четыреххлористого углерода. Строят калибровочный график, откладывая по оси Y – оптическую плотность, по оси X – содержание меди в 15 см<sup>3</sup> экстракта, мкг.

В делительную воронку берут 10-20 см<sup>3</sup> вытяжки, приливают 5 см<sup>3</sup> 5% лимоннокислого аммония и по фенолфталеину нейтрализуют разбавленным аммиаком до розовой окраски (по каплям). Если экстракт окрашен, можно использовать универсальную индикаторную бумагу. Затем в воронку из бюретки приливают 15 см<sup>3</sup> раствора диэтилдитиокарбамата свинца (II) в четыреххлористом углероде и энергично встряхивают в течение 2 минут. После разделения фаз отфильтровывают нижний слой четыреххлористого углерода через складчатый фильтр в кювету фотоколориметра и определяют оптическую плотность при 436 нм (синий светофильтр) относительно чистого четыреххлористого углерода.

Содержание меди в пробе X, мг/кг рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{a \times V_0}{V_1 \times m}$$

*a* – содержание меди, найденное по графику, мкг;

*V*<sub>0</sub> – исходный объем вытяжки, см<sup>3</sup>;

*V*<sub>1</sub> – объем вытяжки, взятый для определения, см<sup>3</sup>;

*m* – масса навески почвы, г. [9]

### **3. Определение каталазной активности**

**Сущность метода.** Многие окислительно-восстановительные процессы в растениях идут с участием ферментов.

Метод определения активности фермента основан на способности каталазы разлагать перекись водорода с выделением кислорода. Поскольку количество перекиси водорода, подвергнувшейся разложению, зависит от активности фермента, оказывается возможным судить по количеству кислорода и скорости его выделения об активности каталазы.

Активность каталазы в почве в большей степени зависит от воздушного режима, гранулометрического состава почв, окислительно-восстановительного потенциала.

#### Ход определения.

Для определения каталазной активности навеску сырья 1 г вносят в колбу на 100 см<sup>3</sup>, добавляют 0,5 г карбоната кальция. На дно колбы осторожно ставят с помощью пинцета маленький стаканчик с 5 см<sup>3</sup> 3% раствора перекиси водорода. Навеску почвы смачивают 4 см<sup>3</sup> дистиллированной воды. Колбу плотно закрывают каучуковой пробкой с трубкой, соединенной с бюреткой толстостенной каучуковой трубкой через тройник, снабженный зажимом. Бюретка сообщается с грушей (рис. 1). Бюретка и груша заполнены водой. Уровень воды в них уравнивают и грушу закрепляют на определённой высоте.

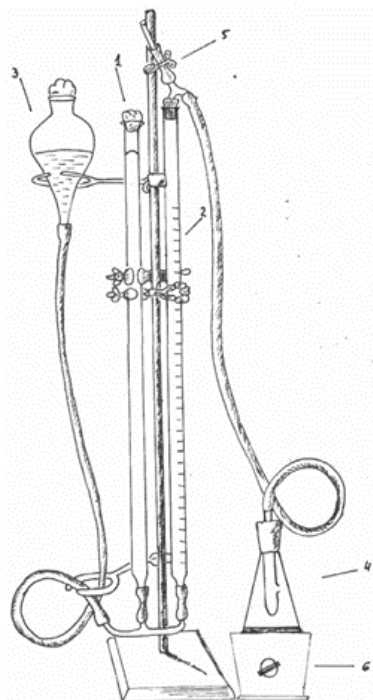
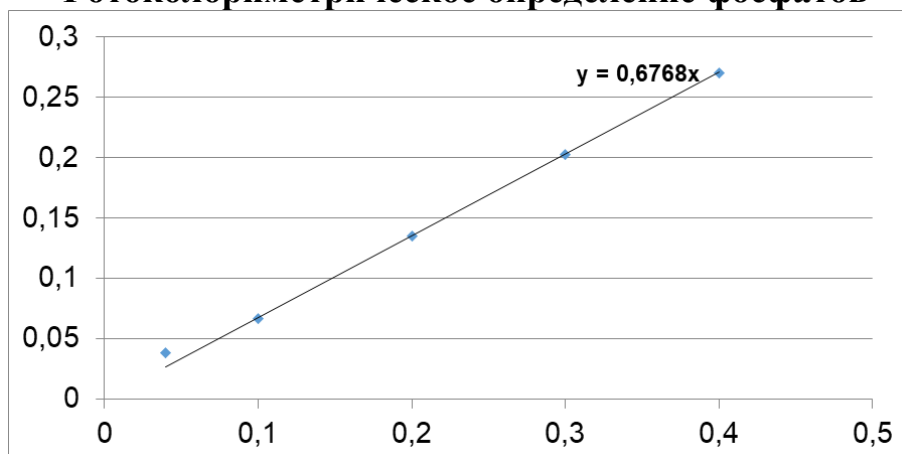


Рис. 1. Прибор для измерения активности каталазы

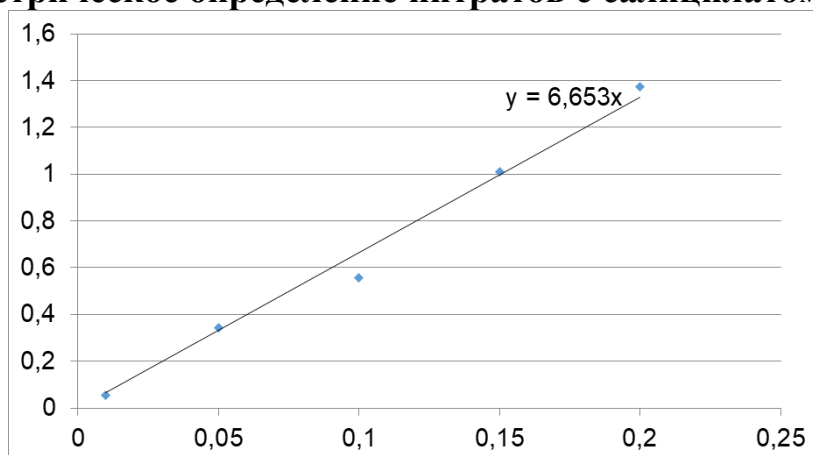
Начало опыта отмечают по секундомеру в момент, когда сосудик с перекисью водорода опрокинут, и вслед за этим встряхивают содержимое колбы. Взбалтывание смеси продолжают во время опыта, не касаясь непосредственно дна колбы руками. Выделившийся кислород вытеснит из бюретки воду, уровень которой отмечают. Количество выделившегося молекулярного кислорода учитывают в течение 1 минуты при температуре 18-20°C. Активность каталазы выражают в объеме (см<sup>3</sup>) кислорода, выделившегося на 1 г сырья за 1 минуту. [15]

**Фотоколориметрическое определение фосфатов**



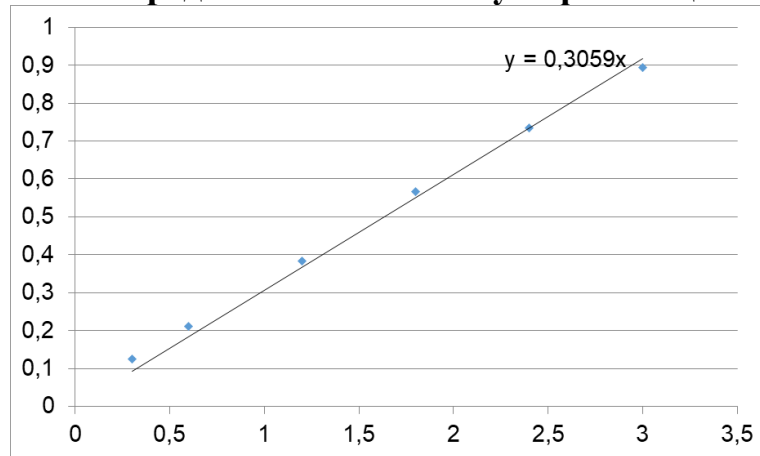
Проба воды	Объем аликвоты, см <sup>3</sup>	Оптическая плотность	Концентрация фосфат-ионов, мг/дм <sup>3</sup> (по графику)	Содержание фосфат-ионов, мг/дм <sup>3</sup>
I	50	0,077	0,114	<b>0,11</b>
III	50	0,072	0,107	<b>0,11</b>
I-II	50	0,382	0,565	<b>0,57</b>
III-II	50	0,325	0,481	<b>0,48</b>

**Фотометрическое определение нитратов с салицилатом натрия**



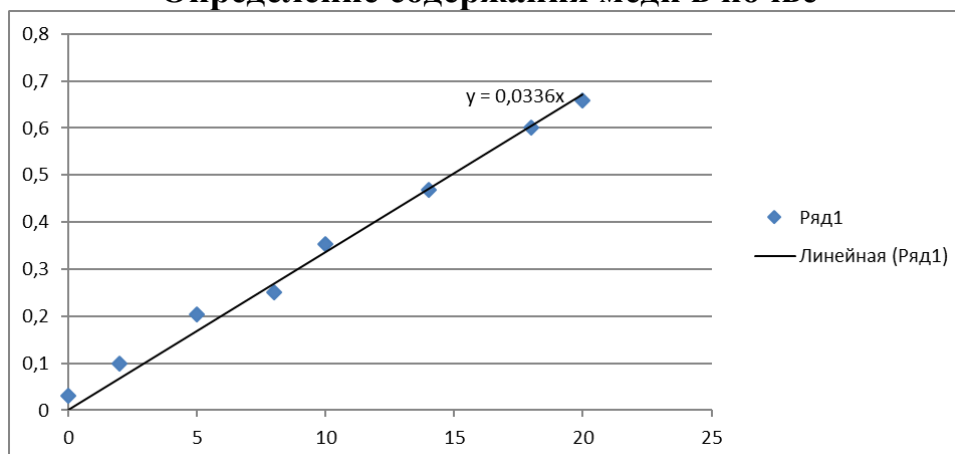
Проба воды	Повторность	Объем аликвоты, см <sup>3</sup>	Оптическая плотность	Содержание нитратов, мг (по графику)	Содержание нитратов в воде, мг/дм <sup>3</sup>	Среднее
I	1	10	0,067	0,010	1,01	<b>1,0</b>
	2	10	0,066	0,010	0,99	
III	1	10	0,048	0,007	0,72	<b>0,7</b>
	2	10	0,048	0,007	0,72	
I-II	1	10	0,071	0,011	1,07	<b>1,0</b>
	2	10	0,065	0,010	0,98	
III-II	1	10	0,059	0,009	0,89	<b>0,9</b>
	2	10	0,059	0,009	0,89	

## Фотометрическое определение железа с сульфосалициловой кислотой



Проба воды	Повторность	Объем аликвоты, см <sup>3</sup>	Оптическая плотность	Масса железа, мкг (по графику)	Содержание общего железа, мг/дм <sup>3</sup>	Среднее
I	1	50	0,116	0,380	0,008	<b>0,008</b>
	2	50	0,117	0,384	0,008	
III	1	50	0,123	0,403	0,008	<b>0,008</b>
	2	50	0,125	0,410	0,008	
I-II	1	50	0,391	1,282	0,026	<b>0,026</b>
	2	50	0,388	1,272	0,025	
III-II	1	50	0,363	1,190	0,024	<b>0,024</b>
	2	50	0,358	1,174	0,023	

**Определение содержания меди в почве**



Проба почвы	Повторность	Масса навески, г	Аликвота, см <sup>3</sup>	Оптическая плотность	Содержание меди, с графика, мкг	Содержание меди, в почве, мг/кг	Среднее
дача	1	10	20	1,08	32,73	163,64	<b>162,5</b>
	2	10	20	1,065	32,27	161,36	
мост	1	10	20	0,545	16,52	82,58	<b>82,3</b>
	2	10	20	0,542	16,42	82,12	
завод	1	10	20	0,812	24,61	123,03	<b>121,9</b>
	2	10	20	0,797	24,15	120,76	

**Определение железа (II) в почве титриметрическим методом**

Проба	Повторность	Масса навески, г	Объем титранта, см <sup>3</sup>	Содержание железа в почве, мг/кг	Среднее, мг/кг
дача	1	5,0	2,0	2,23	<b>2,12</b>
	2	5,0	1,8	2,01	
завод	1	5,0	0,8	0,89	<b>0,95</b>
	2	5,0	0,9	1,01	
мост	1	5,0	0,7	0,78	<b>0,84</b>
	2	5,0	0,8	0,89	

контроль, мм			
1	38	43	43
2	38	44	41
3	40	40	42
4	41	43	41
5	42	43	42
6	41	41	39
7	41	42	41
8	41	41	42
9	39	42	41
10	39	39	39
11	39	40	40
12	38	41	41
13	40	40	41
14	42	43	43
15	42	42	43
16	32	40	43
17	40	39	43
18	40	39	40
19	43	29	43
20	43	40	43
21	43	41	41
22	43	42	42
23	43	41	42
24	39	41	41
25	39	41	41
26	37	39	41
27	40	40	39
28	41	40	39
29	40	42	42
30	39	40	40
31	45	39	39
32	42	39	39
33	42	39	42
34	43	38	42
35	40	38	39
36	18	38	41
37	40	40	42
38	43	41	41
39	42	42	42
40	40	41	42
41	43	39	40
42	41	40	40
43	42	41	40
44	41	41	43
45	42	42	43
46	39	40	38
47	39	40	39
48	39	40	39
49	40	43	40
50	41	41	40

I, мм			
1	28	28	28
2	29	30	31
3	28	31	29
4	28	21	29
5	30	30	30
6	31	31	29
7	23	29	30
8	26	29	31
9	26	30	29
10	28	28	39
11	27	29	30
12	28	26	27
13	28	26	31
14	29	30	31
15	30	29	28
16	30	29	28
17	27	25	31
18	28	28	29
19	28	28	28
20	29	20	28
21	26	29	30
22	26	28	31
23	26	28	23
24	29	30	26
25	31	31	26
26	30	24	29
27	29	27	29
28	29	27	30
29	27	31	28
30	28	31	29
31	28	28	26
32	30	28	26
33	17	31	30
34	21	29	28
35	30	29	28
36	31	30	23
37	29	29	27
38	29	28	31
39	30	28	31
40	30	29	26
41	28	29	
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

III, мм			
1	31	31	33
2	30	29	30
3	31	29	29
4	29	30	28
5	29	29	29
6	30	33	38
7	29	32	32
8	34	33	31
9	32	31	31
10	32	41	30
11	30	30	32
12	30	32	32
13	31	30	29
14	15	32	29
15	24	31	32
16	29	29	29
17	31	29	29
18	30	32	30
19	29	32	29
20	34	30	33
21	29	33	31
22	29	35	30
23	30	35	31
24	32	31	29
25	32	29	29
26	33	29	30
27	38	30	31
28	35	29	30
29	35	34	32
30	35	32	30
31	31	34	32
32	31	32	29
33	30	32	15
34	32	32	32
35	32	32	34
36	30	29	31
37	32	30	27
38	31	32	31
39	29	32	29
40	29	29	30
41	30	29	29
42	29	29	27
43	32	28	29
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

КОНТРОЛЬ, мм			
1	19	18	20
2	24	19	29
3	25	20	21
4	24	20	24
5	19	19	20
6	16	24	21
7	18	25	28
8	21	25	28
9	17	19	21
10	23	26	20
11	21	20	25
12	16	19	25
13	23	21	27
14	20	21	25
15	19	24	25
16	22	26	20
17	23	24	21
18	19	20	22
19	24	25	22
20	26	25	30
21	20	26	30
22	19	27	23
23	20	27	23
24	20	27	22
25	20	20	23
26	30	21	20
27	27	24	17
28	25	23	15
29	24	22	17
30	21	22	18
31	20	22	20
32	24	22	21
33	24	22	23
34	21	16	25
35	26	24	18
36	25	26	24
37	20	23	27
38	21	23	28
39	19	15	21
40	28	16	13
41	27	20	25
42	27	21	25
43	20	21	16
44	15	23	18
45	17	24	18
46	24	23	23
47	25	22	18
48	24	14	17
49	24	19	
50		21	

I-II, мм			
1	14	20	20
2	18	13	18
3	15	10	12
4	19	12	13
5	12	7	11
6	14	17	19
7	21	11	20
8	16	17	12
9	13	19	14
10	16	18	23
11	19	15	14
12	11	16	20
13	17	10	11
14	10	20	16
15	20	13	14
16	16	20	10
17	20	20	16
18	10	20	15
19	15	18	17
20	20	12	17
21	16	17	19
22	10	16	16
23	17	16	16
24	23	16	15
25	15	14	16
26	21	12	17
27	20	16	13
28	14	21	13
29	21	20	14
30	14	18	20
31	16	15	16
32	23	16	20
33	14	14	12
34	19	24	20
35	15	14	15
36	10	15	12
37	11	17	17
38	19	15	22
39			17
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

III-II, мм			
1	20	12	12
2	24	15	13
3	20	15	15
4	16	16	17
5	17	15	12
6	20	17	12
7	16	20	11
8	16	16	11
9	20	17	15
10	17	14	20
11	19	16	11
12	20	16	20
13	12	10	17
14	15	11	15
15	17	20	15
16	13	17	16
17	14	11	16
18	10	14	14
19	15	12	14
20	23	15	20
21	15	19	15
22	15	15	21
23	20	12	15
24	20	11	15
25	20	20	17
26	12	15	17
27	13	15	17
28	13	18	13
29	13	16	10
30	12	17	13
31	14	20	10
32	20	12	12
33	10	15	14
34	21	16	10
35	17	11	10
36	10	20	11
37	20	17	11
38	10	17	13
39	14	19	11
40	14	13	16
41	19	16	19
42	23		
43	11		
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

контроль, мм			
1	34	31	30
2	30	33	32
3	33	33	28
4	30	29	33
5	30	30	33
6	32	31	33
7	34	27	31
8	33	27	27
9	33	29	28
10	33	30	28
11	31	28	31
12	27	28	30
13	28	35	33
14	28	31	33
15	31	31	32
16	30	31	34
17	30	33	31
18	30	30	29
19	29	28	29
20	29	27	29
21	31	31	35
22	31	30	29
23	30	31	30
24	30	31	32
25	32	29	31
26	35	30	33
27	34	33	27
28	28	28	29
29	31	29	30
30	30	31	31
31	29	27	27
32	27	28	27
33	28	28	29
34	28	31	30
35	34	33	28
36	30	33	28
37	31	35	31
38	31	30	33
39	33	29	32
40	33	28	34
41	32	29	35
42	34	30	35
43	31	31	31
44	29	33	32
45	29	32	33
46	29	33	27
47	29	34	27
48	29	28	29
49	30	31	32
50	32		

I, мм			
1	21	20	20
2	19	23	23
3	19	18	21
4	20	21	20
5	20	16	21
6	21	20	22
7	23	19	19
8	23	23	19
9	19	19	21
10	19	21	19
11	19	20	20
12	19	20	20
13	21	22	21
14	19	21	21
15	20	23	21
16	21	23	19
17	23	19	20
18	24	23	21
19	24	20	23
20	21	20	24
21	20	22	24
22	23	20	23
23	23	19	23
24	18	19	17
25	21	22	17
26	16	23	19
27	25	20	24
28	25	21	31
29	18	23	27
30	19	19	24
31	21	19	21
32	20	21	21
33	24	23	21
34	20	20	24
35	15		20
36	16		21
37			23
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

II, мм			
1	15	20	24
2	16	16	21
3	16	16	19
4	17	17	19
5	14	15	20
6	20	19	21
7	19	19	24
8	19	18	21
9	16	17	19
10	18	14	19
11	17	20	20
12	21	18	21
13	20	17	19
14	20	17	21
15	17	19	20
16	16	19	19
17	15	20	20
18	15	19	19
19	15	21	18
20	16	20	20
21	18	19	19
22	19	20	20
23	21	21	15
24	20	20	19
25	19	15	19
26	20	15	18
27	24	15	17
28	21	16	15
29	19	21	16
30	19	24	16
31	20	21	17
32	21	19	14
33	18	19	20
34	19	20	
35		21	
36		22	
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

III, MM			
1	23	26	23
2	23	27	24
3	27	26	23
4	21	23	26
5	27	24	23
6	27	23	22
7	24	26	26
8	24	24	21
9	22	23	24
10	23	25	22
11	22	25	31
12	26	23	23
13	25	24	29
14	24	21	23
15	29	25	28
16	25	31	25
17	21	25	27
18	23	24	31
19	24	24	23
20	23	27	31
21	25	23	23
22	23	27	26
23	24	27	24
24	21	24	27
25	25	24	27
26	26	28	24
27	22	27	24
28	22	30	29
29	26	23	23
30	23	25	25
31	26	23	26
32	23	26	24
33	28	23	24
34	21	22	21
35	23	26	31
36	25	21	29
37	24	24	23
38	27		
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			



Рис. 2. о. Закурье окутан тайнами



Рис. 3 ЛРС готово к сушке



Рис. 4 Сушка проб грунта



Рис. 5 Определение нитратов в пробах воды



Рис. 6 Определение общего железа в пробах воды



Рис. 7 Определение фитотоксичности