



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГТТУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ХИМИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

**Аккумуляция железа в листьях березы и травяного покрова в
условиях урбанизации**

**Выпускная квалификационная работа по направлению 44.03.05
Педагогическое образование
(с двумя профилями подготовки)**

**Направленность программы бакалавриата
«Биология. Химия»
Форма обучения очная**

Проверка на объем заимствований:

75,15 % авторского текста

Выполнила:

Студентка группы ОФ-501/068-5-1
Соловьева Анна Владимировна

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

«26» мая 2023г.

Зав. кафедрой Химии, экологии и методики
обучения химии
(название кафедры)

Ср Сутягин А.А.

Научный руководитель:

канд. пед. наук, доцент

Лисун Лисун Наталья Михайловна

Челябинск
2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОИНДИКАЦИИ	6
1.1 Методы мониторинга окружающей среды	6
1.1.1 Биоиндикация.....	6
1.1.2 Фиторемедиация.....	13
1.1.3 Биоаккумуляция.....	15
1.2 Роль железа в метаболизме растений.....	16
1.3 Источники железа в урбаноценозе	19
1.4 Возможности использования количественного показателя железа в растениях как биоиндикатора.....	20
1.5 Ботаническая характеристика используемых растений в качестве биоиндикаторов.....	22
1.5.1 Ботаническая характеристика берёзы повислой.....	23
1.5.2 Ботаническая характеристика пырея ползучего.....	25
Выводы по первой главе.....	27
ГЛАВА 2 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТОВ БИОИНДИКАЦИИ И УСЛОВИЙ ИХ ПРОИЗРАСТАНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЕЕ ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЙОНОВ ГОРОДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗА В ЛИСТЬЯХ БЕРЕЗЫ И ТРАВЯНОМ ПОКРОВЕ.....	28
2.1 Описание точек отбора проб. Методы исследования	28
2.1.1 Центральный район.....	30
2.1.2 Советский район.....	31
2.1.3 Ленинский район.....	32
2.1.4 Металлургический район.....	33
2.1.5 Калининский район.....	34
2.1.6 Курчатровский район.....	35
2.1.7 Тракторозаводский район.....	36

2.1.8 Поселок РМЗ.....	37
2.2 Определение зависимости антропогенной нагрузки от концентрации железа в надземной фитомассе.....	40
Выводы по второй главе.....	42
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МЕТАПРЕДМЕТНОГО ЗАНЯТИЯ «ЖЕЛЕЗО В ПРИРОДЕ. АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ »	44
3.1 Характеристика и критерии метапредметного занятия	44
3.2 Методическое и дидактическое сопровождение метапредметного занятия на тему «Железо в природе. Антропогенное загрязнение тяжелыми металлами».....	46
3.2.1 Работа с текстом.....	47
3.2.2 Работа с диаграммами и таблицами.....	47
3.2.3 Решение ситуационных задач.....	49
3.2.4 Работа с опорной схемой.....	50
3.2.5 Работа с электронными ресурсами.....	51
Вывод по третьей главе.....	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Определение массовой концентрации общего железа с роданидом.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Технологическая карта урока на тему «Железо в природе. Антропогенное загрязнение тяжелыми металлами».....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Дидактические материалы к уроку «Железо в природе. Антропогенное загрязнение тяжелыми металлами».....	73

ВВЕДЕНИЕ

Экологическая безопасность сегодня считается одним из приоритетов национальной политики.

Побочные продукты таких отраслей промышленности, как металлургия, машиностроение, приборостроение и производство автомобилей, содержат большое количество загрязняющих веществ, включая различные органические вещества и высокие концентрации ионов тяжелых металлов. Металлы присутствуют в окружающей среде в результате деятельности человека, а также могут накапливаться в пищевых продуктах.

Тяжелые металлы накапливаются в почве и затем аккумулируются растениями, многие из которых резко реагируют на поллютанты. Таким образом, существует много способов выявления тяжелых металлов в окружающей среде, одним из которых является растений – биоиндикаторов. Состав таких загрязняющих веществ очень изменчив, он меняется с появлением новых производств и усовершенствованием уже существующих. Одним из тяжелых металлов является железо.

Железо играет ведущую роль в онтогенезе растений. При избыточном поступлении железа в окружающую среду растения накапливают активное закисное железо, что вызывает хлороз вследствие отравления его железом.

Цель работы: определить накопление железа в листьях березы и травяном покрове, представленном пыреем ползучим, в разных районах г. Челябинска

Задачи работы:

1. Изучить использование биоиндикации, биоаккумуляции и биоремедиации для оценки степени техногенной нагрузки в условиях городской среды по состоянию древесных и травянистых растений.

2. Установить зависимость техногенной нагрузки разных районов г. Челябинска и количественного содержания железа в листьях березы и травяном покрове, представленном пыреем ползучим.

3. Разработать метапредметное занятие, посвященное изучению аккумуляции железа в природе и антропогенному загрязнению тяжелыми металлами с использованием результатов исследования.

Объект исследования: листья березы и пырея ползучего

Предмет исследования: количественное содержание железа в листьях березы и травяном покрове представленным пыреем ползучим в условиях техногенной нагрузки.

Практическая значимость работы заключается в том, что материалы исследования могут быть использованы в дальнейшем учителями химии и биологии в рамках школьных проектов, а также в рамках уроков посвящённых обмену веществ в растениях и внеурочных и внеклассных мероприятиях по химии.

ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОИНДИКАЦИИ

1.1 Методы мониторинга окружающей среды

Поскольку существует огромное количество различных методов мониторинга окружающей среды, рассмотреть их все не представляется возможным. В данной главе мы сравним наиболее доступные методы мониторинга. Для оценки состояния урбанизации очень часто используют такие методы как биоиндикация, анализ биоаккумуляции и фиторемедиации.

1.1.1 Биоиндикация

Биоиндикация – это метод с глубокими историческими корнями. В частности, индикаторы горных растений были разработаны А.П. Карпинским (1846–1847 гг.) в конце XIX в., а в начале XX в. растительные индикаторы стали использоваться для изучения сельскохозяйственных угодий, климата, горных пород и подземных вод. Этим занимались Ф. Клементс, Л.Г. Ламенский, В.Н. Скачев и другие. Экологические метки начали разрабатываться во второй половине XX в.

Экологической основой биоиндикации является тот факт, что все организмы нуждаются в определенных условиях существования. Ни один организм не может рассматриваться вне окружающей его среды. Под средой понимается совокупность всех объектов, явлений и процессов, которые являются внешними по отношению к организму, группе организмов или сообществу, но взаимодействуют с ними. Все особенности среды и ее элементов, которые прямо или косвенно влияют на организм или сообщество организмов, называются факторами среды.

Экологические факторы исключительно разнообразны. Именно с этим связано большое число классификаций, которые применяются для их дифференциации. Одна из самых употребляемых делит все факторы окружающей среды на три группы:

- абиотические, или абиогенные;
- биотические, или биогенные;
- антропогенные.

Несмотря на тот факт, что факторы окружающей среды обладают большим разнообразием, существует ряд закономерностей их влияния на живые организмы. Среди них выделяются:

- закон оптимума (толерантности);
- неоднозначность действия факторов среды на разные функции организма;
- разнообразие индивидуальных реакций каждого конкретного организма на различные факторы среды;
- относительная независимость приспособления организмов к разным факторам среды;
- взаимодействие экологических факторов;
- правило лимитирующих факторов среды и закон минимума.

Закон оптимума, или толерантности, который впервые сформулирован В. Шелфордом гласит, что для каждого биоценоза, организма или определенной стадии его развития существует диапазон наиболее благоприятного (оптимального) значения каждого фактора.

Неоднозначность влияния факторов среды на различные функции организма иллюстрируется тем, что оптимальное значение фактора среды для одной функции может снижать другие функции организма.

Разнообразие реакций отдельных организмов на различные факторы среды часто можно легко наблюдать на разных стадиях развития организма. Относительная независимость адаптации организмов к различным факторам среды проявляется, например, в том, что способность вида существовать в широком диапазоне температур не означает, например, его способности выживать при значительных колебаниях солености.

Принцип взаимодействия экологических факторов наиболее ярко иллюстрируется, когда оптимальная зона и допустимые пределы изменяются в зависимости от того, насколько сильно и в каком сочетании действуют одновременно другие факторы по отношению к одному экологическому фактору.

Суть правила экологических лимитирующих факторов и закона наименьшего состоит в том, что факторы, дефицитные или избыточные, оказывают негативное влияние на организм и еще больше ограничивают возможности других факторов оказывать свое действие, в том числе быть оптимальными.

Когда хотя бы один из лимитирующих факторов нарушается, растение испытывает подавление. В результате подавляются морфологические структуры и физиологические функции. По этим изменениям можно также оценить изменения окружающей среды.

Метод биологического мечения дает комплексную оценку состояния окружающей среды и степени антропогенной нагрузки и имеет следующие преимущества:

1. Этот метод не предполагает использования дорогостоящего, сложного в обращении и трудоемкого аналитического оборудования.

2. Биоиндикаторы могут дать комплексную оценку состояния окружающей среды.

3. Использование биоиндикаторов позволяет оценить скорость изменений, привычные пути миграции и места накопления токсичных веществ.

4. Этот метод подходит для быстрой оценки состояния окружающей среды.

Однако биоиндикаторы не могут дать численную оценку экологических условий или определить предрасположенность к загрязняющим веществам. В районах, где биоиндикаторы показывают морфологические

и функциональные аномалии, требуются более детальные исследования с использованием высокоточных приборов для анализа.

Таким образом, биоиндикация – это метод оценки состояния окружающей среды по наличию или отсутствию в ней определенных организмов и по изменениям, происходящим в этих организмах.

Во всех природных средах биологические индикаторы можно получить с помощью растений. Растения индикаторы используются для оценки механического и кислотного состава почв, плодородия, влажности, солености и минерализации грунтовых вод, степени загрязнения воздуха газообразными соединениями, а также для определения трофических характеристик водоемов и степени их загрязнения загрязняющими веществами. Например, Лобария легочная (лат. *Lobaria pulmonaria*), этот вид листового эпифитного лишайника, может быть использован для оценки степени загрязнения диоксидом серы и серосодержащими органическими соединениями, а Полевица тонкая (лат. *Agróstis capilláris*), для оценки загрязнения медно-кобальтовыми веществами.

Ранние морфологические реакции, такие как изменение цвета листьев (хлороз, желтый, коричневый, бронзовый), различные формы некроза, ранняя сенесценция и дефолиация, указывают на присутствие загрязнителей в воздухе и почве. Эти реакции обычно не являются специфически направленными.

Индикационные признаки растений можно разделить на различные категории: ботанические, физиологические, морфологические и фитологические. Ботанические признаки основаны на различиях в составе растительности и могут быть объяснены экологическими условиями места исследования; Б.В. Виноградов классифицировал эти признаки, и они могут быть объяснены экологическими условиями места исследования.

Наличие или отсутствие того или иного вида является индикатором для обоих видов. Физиологические и анатомические особенности включают различные аномалии развития и новообразования, в дополнение

к специфическим для растений метаболическим и структурным особенностям. Фитоэкологические особенности включают характеристики структуры растительности, т.е. видовое богатство и расселение растений, агрономические особенности, мозаичность и степень близости.

Аномалии роста и развития растений, отклоняющиеся от общей закономерности, очень часто используются в целях биоиндикации. Ученые классифицируют их на три основные группы:

- ингибирование или стимуляция нормального роста;
- пороки развития стеблей, листьев, корней, плодов, цветов и соцветий;
- связанные с развитием неоплазии.

Огромный и соответственно очень низкий рост многие естествоиспытатели приравнивают к уродствам. Вот хотя бы, избыток меди в почве вполовину уменьшает размер калифорнийского мака, а излишек свинца приводит к карликовости смолевки. Биомониторинг может осуществляться путем наблюдения за состоянием индикаторного растения, популяции определенного вида или всего ботанического сада. Биомониторинг может осуществляться путем наблюдения за состоянием отдельных видов растений, популяций определенных видов или целых ботанических садов. Обычно он позволяет получить конкретную информацию о загрязнителях на уровне вида и общую информацию о состоянии природной среды на уровне популяции или ботанического сада. Ротиферы используются в качестве биологических индикаторов водных объектов.

Суккулентные растения используются в качестве биологических индикаторов водных объектов. Например, высокий уровень лемнуса указывает на проблемы в экологии озера, на возможное промышленное или сельскохозяйственное загрязнение водоема. Многие виды, такие как водоросли Аир обыкновенный (лат. *Acorus calamus*), Облепиха зонтичная (лат. *Butomus umbellatus*) и хвощ широколистный (лат. *Typhalatifolia*), являются индикаторами эвтрофикации водоемов вследствие

антропогенного воздействия. С другой стороны, обилие сине-зеленых водорослей (лат. *Patamogetonalpinus*, Волосистая прудовая водоросль, лат. *Ptrichoides*) указывает на чистоту водоема.

С начала 70 г.г. XIX в. биоиндикация с использованием крупных водорослей стала методом выбора для мониторинга загрязнения Мирового океана тяжелыми металлами. Выбор этих организмов обусловлен их способностью концентрировать химические элементы окружающей среды в своих тканях в 1000–100 000 раз. Наиболее перспективными в этом отношении являются представители бурых водорослей (например, лат. *Sarcocheilus*), которые имеют большую площадь взаимодействия с окружающей средой, высокое содержание альгината в своих тканях и длительный период полураспада металлов из их организма. Виды наземных растений, используемые в качестве биоиндикаторов, обычно не уменьшаются в неблагоприятных условиях, но могут проявлять видимую патологию (например, хлороз, увеличение асимметрии листьев). Примеры подобной биоиндикации известны еще с XVII в. Так, английские горняки определяли локализацию месторождений цинковых руд по произрастанию Галмейской фиалки (лат. *Violacalaminaris L.*) и Галмейской ярутки (лат. *Thlaspicalaminaris L.*). В настоящее время экологическая оценка лесных экосистем в основном основана на оценке общего состояния древостоя, линейного роста деревьев и состояния хвои. Некоторую информацию о состоянии окружающей среды можно получить по химическому составу золы от сжигания древесины.

Общие принципы для фитопланктона, водорослей, лишайников и бриофитов:

- фитоиндикаторы должны быть простыми и интуитивно понятными;
- методологии должны быть научно обоснованными, экономить время в полевых условиях, легко воспроизводимыми и основанными на общих ботанических описаниях растительности;

– методологии должны прогнозировать и описывать текущее состояние окружающей среды;

– индикаторы должны быть достаточно гибкими, т.е. адаптируемыми к различным экологическим и географическим условиям;

– индикаторы должны иметь различные уровни применимости (пространственной обусловленности): глобальный, региональный и локальный: интерпретация индикаторов не должна выходить за рамки определенного уровня;

– индикаторы – это биологические характеристики или признаки, которые объясняют явление или процесс (который они представляют) и используются для оценки рассматриваемой экологической переменной;

– индикаторы – это параметры окружающей среды (то, что они определяют), которые подлежат оценке.

Основными требованиями к индикатору показателям являются:

– уровень точности и своевременности, т.е. индикаторы и показатели должны иметь значимую и четкую корреляцию друг с другом;

– индикаторы должны характеризоваться критическим уровнем информации или критическим значением, которое действует в этом диапазоне и дает четкую оценку показателя, но за пределами которого оценка становится неточной.

В настоящее время экологическая оценка лесных экосистем в основном основана на оценке общего состояния древостоя, линейного роста деревьев и состояния хвои. Некоторую информацию о состоянии окружающей среды можно получить по химическому составу золы от сжигания древесины.

По этой причине были разработаны и успешно проверены методы биологического картирования с использованием различных уровней организации в различных организмах и биологических системах. Благодаря окислительно-восстановительным свойствам железа и его способности комплексоваться с различными лигандами, этот элемент

входит в состав многих транспортеров электронов и ферментов, а его ионы играют важную роль в метаболизме растений.

1.1.2. Фиторемедиация

Фиторемедиация относится к различным методам очистки воды, почвы и воздуха с помощью зеленых растений. Технология использует природное явление, когда растения и микроорганизмы ризосферы разрушают и накапливают различные загрязняющие вещества. Первые научные исследования в этой области были проведены в Израиле в 50 г.г. XX в., но активное развитие этой технологии началось только в 80 г.г. XX в. Фиторемедиация – это высокоэффективная технология восстановления различных органических и неорганических загрязнителей.

Органические загрязнители в основном являются антропогенными и чужеродными для большинства организмов (ксенобиотики), многие из них токсичны, а некоторые канцерогенны. В зависимости от своей природы органические загрязнители либо разлагаются в корневой зоне растений, либо поглощаются, а затем разрушаются, поглощаются или испаряются. Фиторемедиация использовалась для очистки органических загрязнителей, таких как органические растворители (например, трихлорэтилен, наиболее распространенный загрязнитель в грунтовых водах), гербициды (атразин), взрывчатые вещества (тротил), углеводороды (нефть, бензин, бензол, толуол, полициклические ароматические углеводороды), полихлорированные бифенилы (ПХБ). Технология была использована в следующих областях. Полихлорированные бифенилы (ПХБ).

Неорганические загрязнители существуют в виде естественных компонентов в земной коре и атмосфере, попадают в окружающую среду и загрязняют ее в результате деятельности человека. Неорганические загрязнители невозможно разложить, но фиторемедиация может помочь

очистить загрязнители, стабилизируя и разделяя их с помощью растительных тканей. Фиторемедиация очищает многие неорганические загрязнители, такие как растительные макроэлементы (нитраты, фосфаты), микроэлементы (Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn и т.д.), нерастительные элементы (Cd, Co, F, Hg, Se, Pb, V, W) и радиоизотопы (U_{238} , CS_{137} , Sr_{90}). и других неорганических загрязнителей (U_{238} , CS_{137} , Sr_{90}). Он может быть успешно применен для этих целей.

Фиторемедиация стала эффективным и экономичным методом восстановления окружающей среды после открытия растений-гипераккумуляторов тяжелых металлов, способных накапливать в своих листьях до 5 % никеля, цинка и меди на сухой вес (в десятки раз больше, чем обычные растения).

Предполагается, что роль фитосидерофоров выполняют несколько белков, обладающих способностью связывать тяжелые металлы и делать их более доступными для растений. О механизмах, с помощью которых тяжелые металлы переносятся из корней в почву, пока известно мало. Ясно лишь то, что нерастворимые соли тяжелых металлов перемещаются по сосудистой системе, вероятно, в виде комплексных соединений с органическими кислотами, такими как лимонная кислота. После неоднократных испытаний по очистке воды с использованием растений, способных накапливать тяжелые металлы в своих корнях, стеблях и листьях, было установлено, что некоторые сорта подсолнечника лучше всего подходят для этой цели.

При выращивании в специальных фильтрационных системах они активно поглощают загрязняющие вещества в воде и производят 1,5 кг высушенных корней на квадратный метр в месяц. Для растения характерен слой искусственной почвы толщиной в несколько сантиметров для укоренения, из которого минеральные соли поступают к корням, а большая часть корней развивается в потоке воды под слоем искусственной почвы, поглощая тяжелые металлы. Способность

проростков подсолнечника очищать почву и воду от радиоактивных веществ была продемонстрирована на бывшем заводе по обогащению урана в Огайо, США, и в небольшом пруду в километре от четвертого энергоблока Чернобыльской АЭС в Украине. Концентрация урана на заводе была в 30 тыс. раз выше, чем в почве и воде, а концентрация цезия-137 и стронция-90 в 8 000 и 2000 раз соответственно.

1.1.3 Биоаккумуляция

Биоаккумуляция – это накопление химических веществ в окружающей среде в организмах в концентрациях, превышающих концентрации, присутствующие в окружающей среде [1]. Это понятие часто используется для обозначения накопления загрязняющих веществ, но иногда используется в более общем смысле.

Биоаккумуляция – это медленное накопление в организме веществ, таких как пестициды или другие токсины.

Биоаккумуляция происходит, когда организм поглощает материал более быстрыми темпами, чем он удаляется или теряется в результате катаболизма и экскреции.

Таким образом, чем больше период биологического полураспада токсина, тем выше опасность хронического отравления, даже если концентрация токсина в окружающей среде не очень высока.

Модели можно использовать для прогнозирования биоаккумуляции, например, у рыб.

Данные не подтверждают гипотезу о критериях отсечки молекулярного размера, используемых в качестве индикаторов потенциала биоаккумуляции.

Биотрансформация может существенно изменить биоаккумуляцию веществ в организме.

Токсичность, вызванная металлами, связана с биоаккумуляцией и биоусилением.

Накопление металла вызвано его накоплением или поглощением со скоростью, превышающей скорость метаболизма и выделения организма.

При правильном понимании биоаккумуляции можно изучить и оценить присутствие многочисленных химических веществ и опасных соединений в окружающей среде, что поможет в управлении химическими веществами и их применении.

Химические вещества могут поступать в организм через дыхание, через кожу или через рот.

Когда концентрация химического вещества внутри организма больше, чем в окружающей среде (воздухе или воде), это называется биоконцентрацией.

Биомагнификация – это явление, связанное с биоаккумуляцией, при котором концентрация химического вещества или металла увеличивается по мере того, как они поднимаются на трофические уровни.

Биоаккумуляция необходима для роста и развития организма, но она также может привести к накоплению токсичных соединений.

На основе сравнения данных методов биомониторинга можно говорить о том, что предстоящая работа будет связана именно с биоаккумуляцией тяжелых металлов.

1.2 Роль железа в метаболизме растений

Благодаря окислительно – восстановительным свойствам железа и его способности комплексоваться с различными лигандами, этот элемент входит в состав многих транспортеров электронов и ферментов, а его ионы играют важную роль в метаболизме растений.

Поскольку процесс образования железосерных кластеров происходит в митохондриях, считается, что митохондрии играют важную роль в рециркуляции ионов железа, поступающих в клетку. Идентификация таких транспортеров может рассматриваться как важный факт, подтверждающий роль митохондрий в процессах, участвующих в перераспределении ионов

железа внутри клетки. Отмечается, что восстановление железа является важным фактором поддержания окислительного состояния в митохондриальном межмембранном пространстве. Для поддержания гомеостаза растений митохондрии должны каким-то образом участвовать в перепрограммировании клеточного метаболизма в условиях дефицита железа. Таким образом, дефицит железа вызывает стресс и стимулирует митохондрии к разработке стратегий утилизации метаболитов. Когда метаболиты окисляются в митохондриях, образуется избыток энергии в виде NADH и FAD.H₂, которые должны быть выведены (по крайней мере, частично) в цитозоль через челночный механизм для поддержания функции цикла Кребса.

Другими важными органеллами, нуждающимися в ионах железа, являются хлоропротеины. Исследования показывают, что около 80% железа присутствует в фотосинтетических клетках и участвует в синтезе ферментов, таких как цитокины, молекул, присутствующих в крови, таких как хлорофилл, систем переноса электронов и кластеров серы. В фотосинтетическом аппарате два-три атома железа связаны с ФС II (фотосистема II) и фосфатом (ферредоксин). Такое распределение указывает на то, что содержание железа в фотосинтезе напрямую влияет на производство и продуктивность растений. Часто обнаруживается, что концентрация железа в зеленых листьях коррелирует с уровнем хлорофилла.

Также было показано участие железа в белковом обмене. Дефицит железа снижает уровень белка и одновременно увеличивает количество растворимых органических соединений азота. Наличие Fe – S кластеров необходимо для поддержания концентрации растворимого железа, соответственно необходимого для различных процессов, а белки, так сказать, связывающие непосредственно кластеры, предположительно, функционируют как транспортеры, регулирующие внутриклеточный уровень железа соответственно. Окислительный стресс возникает в

клетках при недостатке или избытке основных элементов. Это явление должно привести к образованию реактивных видов кислорода, включая перекись водорода. Перекись водорода соответственно утилизируется пероксидазами непосредственно в биохимических путях полимеризации фенола и образования того самого лигнина. Тем не менее в случае дефицита железа активность этого фермента значительно подавляется. В результате нарушается соответственно формирование клеточной стенки и образование этого лигнина, а эти фенольные соединения накапливаются в коре корней, что и наблюдается у растений подсолнечника.

Растения используют различные механизмы преобразования железа для самого обеспечения доступным железом. У двудольных и незерновых однодольных растений стратегия I осуществляется путем синтеза органических кислот, которые хелатируют (связывают) ионы Fe в почве, чему способствуют корни растений. Хелатные комплексы достигают клеточной мембраны, где Fe^{3+} восстанавливается до Fe^{2+} с помощью Fe-хелатной редуктазы. Двухвалентное железо переносится через клеточную мембрану с помощью специфических транспортеров железа. В злаках поглощение железа (стратегия II) происходит при участии специализированного хелатора – фитосидерофора, небелковой аминокислоты, которая специфически связывает и переносит ионы Fe^{3+} в клетку. Металл также поглощается флоэмой в виде хелатов.

Железо выполняет важные функции в растениях, например, в восстановлении NO_3 и фиксации азота узловыми бактериями (часть нитрат-редуктазы и нитрогеназы), некоторых гемовых соединений (все цитохромы, каталаза и пероксидаза) и в окислительно-восстановительной системе фотосинтеза и дыхания. Участвует в катализе ранних этапов синтеза хлорофилла (образование γ – аминолевулиновой кислоты и протопорфиринов).

Дефицит железа изменяет морфологию пластид, снижает содержание хлорофилла, вызывает хлороз листьев, уменьшает фотосинтез и дыхание, сокращает период плодоношения и снижает продуктивность растений.

1.3 Источники железа в урбаноцене и их влияние на биологические объекты

Основные источники железа в окружающей среде – антропогенные. Во-первых, выбросы промышленности, особенно горнодобывающей, металлургической, химической и энергетической. Сжигание топлива и ископаемых видов топлива также может увеличить концентрацию тяжелых металлов в воздухе и почве. В то же время выбросы от сжигания топлива повсеместны, но загрязнение от промышленных предприятий, как правило, локализовано.

На металлургических и металлообрабатывающих предприятиях железная пыль и аэрозоли выбрасываются в воздух на рабочих местах. Накопление относится к способности растения накапливать достаточное количество загрязняющих веществ в своих тканях для определения уровня физико-химического загрязнения окружающей среды. Экологические принципы химических реакций и их роль в формировании биологической среды обитания очевидны. Было замечено, что растения накапливают биосовместимые элементы (азот, фосфор и калий) из дисперсных условий благодаря своей селективной средообразующей способности поглощать элементы, в то время как элементы, не являющиеся специфическими для биологического или физиологического действия, отторгаются из почвы. Солнечные, хорошо вентилируемые крыши сохраняют тепло в течение дня и полностью удаляют его ночью. Биосовместимость элемента оценивается по его способности поглощаться растением и отторгаться организмом.

Избыток элемента, не являющегося необходимым для физиологических функций организма, может привести к состоянию стресса, который можно отслеживать и регистрировать как индикатор,

изменяя морфологию и видовой состав организмов в биоэнозе. Аэрозоли (пыль, дым) железа и его оксидов, руд и других соединений при длительном воздействии откладываются в легких и вызывают специфическое заболевание легких - сидероз.

1.4 Возможности использования количественного показателя железа в растениях как биоиндикатора

Выше мы говорили о роли железа в метаболизме растений и рассмотрели вопросы, касающиеся его избытка и недостатка. В этом пункте мы будем рассматривать подробно такой термин как аккумуляция, в частности аккумуляция железа в жизненном цикле растения.

Аккумуляция – это способность накапливать растениями загрязняющие вещества в своих тканях в количествах, достаточных для физико-химического определения уровня загрязнения сопредельных сред. Железо – микроэлемент, наиболее усваиваемый растениями. Железо – самый важный из всех металлов, доступных растениям. Оно присутствует в тканях растений в большем количестве, чем любой другой металл. Железо является функциональной частью ферментной системы растений. Особенно важна его роль в окислительном энергетическом метаболизме и образовании хлорофилла. Органические соединения, содержащие железо, необходимы для биохимических процессов, происходящих во время дыхания и фотосинтеза. Это связано с их очень высокой каталитической активностью, во много раз превышающей активность неорганических соединений железа.

Каталитическая роль железа связана с его способностью изменять степень окисления. Атомы железа относительно легко окисляются и восстанавливаются, что делает соединения железа переносчиками электронов в биологических процессах. Процессы переноса электронов лежат в основе реакций, происходящих в процессе дыхания растений. За это отвечают ферменты дигидрогеназа и цитохром железа. Исходя из

вышесказанного, можно сказать, что травянистые и древесные растения могут выступать в роли растений-индикаторов, так как они растут в парках и на открытых пространствах, каким бы большим ни был город. Однако растения постоянно подвергаются воздействию неблагоприятных условий, так как растут в одних и тех же местах. Наиболее доступным и информативным показателем здоровья растений, а значит и городской экосистемы, является количественное измерение содержания железа в надземных органах растений. Поэтому количество железа в растениях является привычным и надежным инструментом для оценки здоровья городской среды.

Таким образом, под определением накопления мы понимаем, что растения способны накапливать различные вещества, как полезные для самого растения, так и вредные для тканей органов. Ранее мы говорили о том, что с точки зрения экологической ситуации железо – это тяжелый металл, который в избытке очень нежелателен для растений и может привести к различным заболеваниям.

Таким образом, исходя из тех фактов что прозвучали выше мы можем говорить о том, что травянистые и древесные растения могут выступать в качестве растений индикаторов так как произрастают в парках и скверах любого, даже самого крупного города. Не всегда удается провести анализ воздуха так как ветер, пришедший из более благоприятных районов страны может размывать показатели, а вот растения растут на одном месте и подвергаются постоянному воздействию неблагоприятных факторов. Самым доступным и информативным показателем здоровья растения, а значит и экологической обстановки в городе является количественный показатель железа в наземных органах растений. Следовательно, количество железа в растениях является доступным и надежным инструментом для оценки окружающей среды в городской черте.

Однако не надо забывать, что причины подобных изменений могут быть различны и методы биоиндикации позволяют оценить лишь общую техногенную нагрузку.

1.5 Анатомическое и биологическое описание используемых древесных растений в качестве биоиндикаторов

Очевидно, что городская среда оказывает негативное влияние на состояние растительности. Растения обладают рядом адаптивных реакций, которые повышают их устойчивость к различным стрессовым факторам окружающей среды. Способность выдерживать и адаптироваться к экстремальным условиям произрастания и сохранять жизнеспособность является одним из критериев, определяющих существование растений, которое может зависеть от их способности реализовывать защитные адаптационные механизмы, другими словами, от их способности адаптироваться к воздействию различных стрессов. По этой причине растения могут быть использованы в качестве отличных мишеней для биоиндикации антропогенных стрессов в городской среде [5].

Берёза повислая используется в качестве биоиндикатора, довольно часто, так как этот вид массовый и распространённый. Входит в состав разнообразных биотопов (экосистем), его ареал включает степные и лесостепные зоны в Скандинавии, в Средней и Атлантической Европе, в Средиземноморье, на Балканах, Западной Сибири и на Алтае.

Пырей ползучий используется в данной работе в качестве биоиндикатора, так как этот вид травянистых растений массовый и весьма распространённый. Он входит в состав разнообразных биотопов и его ареал включает множество зон, но наиболее распространён в лесной, лесостепной и степной зонах, где, кроме посевов, произрастает также на лугах, лесных полянах, залежах, поймах рек, на прибрежных песках, в степях, по обочинам дорог, на сорных местах. В засушливых условиях

южных степей, полупустынь и пустынь теряет свое значение сорного растения.

Многолетние биохимические и морфологические исследования пока-зали, что береза обладает низкой ферментативной активностью, высокой водоудерживающей способностью и высокими свойствами ксилемы. Это способствует лучшей адаптации вида к неблагоприятным условиям городской среды, особенно к загрязнению токсичными веществами.

Была обнаружена прямая корреляция между уровнем загрязнения, выживаемостью и индексом стабильности развития. Было установлено, что в районах с высокой техногенной нагрузкой выживаемость березы очень низкая (до 50 %), а индекс стабильности развития высокий и достигает критического уровня.

1.5.1 Ботаническая характеристика берёзы повислой

В мире насчитывается около 120 видов березы. Они незначительно отличаются друг от друга. Наиболее известны береза приземистая, береза пушистая и береза повислая.

Березы могут достигать высоты 20 м. Стволы берез прямые, белые и гладкие, с характерными черными линиями на коре и черной окраской нижней стороны ствола. Кора молодых деревьев имеет коричневый оттенок. Ветви тонкие, со смолистыми бородавками, толстые и хорошо развитые. У старых деревьев ветви поникающие.

Листья с длинными черешками, гладкие с обеих сторон, треугольные или ромбические, широкие у основания и заостренные на кончике, длиной 2-3 см. У молодых деревьев листья стойкие и ароматные.

Почки, появляющиеся ранней весной, красновато-коричневые, удлинённые, смолистые и вяжущие на вкус.

Берёза – однодомное дерево, которому характерно пестичные – женские и тычиночные – мужские сережки, которые отличаются между собой:

- пестичные сережки пазушные, прямостоячие, длина их 2,5-3 см, размещены по одной на коротких боковых ветвях;

- тычиночные сережки повислые, длина которых 5–6 см, расположены по 2-3 штуки на концах веток.

Цветет берёза в апреле–мае, в период, когда распускаются листья. Мужские цветки начинают развиваться еще осенью и остаются на зиму, женские же появляются во время распускания листьев. Пестичные цветки соединены по 2-3 штуки, имеют трехлопастную чешуйку, прикрывающую 3 двугнездных пестика с 2 нитевидными рыльцами. Тычиночные цветки состоят из раздвоенных тычинок и 1-2 листочков околоцветника.

Плоды созревают в августе-сентябре. Одна сережка содержит около 500 семян. Плод – односемянный плоский орешек продолговато-эллиптической формы, с 2 крылышками, которые в 2–3 раза больше самого орешка. Семена переносятся ветром и хорошо адаптируются, попав на сухую или увлажненную, песчаную, суглинистую, черноземную или каменисто-щебнистую почву. Растет дерево быстро, прекрасно возобновляется порослью и самосевом.

Береза предпочитает светлые участки, не любит тень и легко адаптируется к различным климатическим условиям. Она растет в лесах и на лесных ступеньках в европейской части России и Сибири. Она распространена в парках и садах и часто растет возле дорог. Продолжительность жизни березы составляет примерно 100-120 лет.

Береза часто встречается в производных лесах, заменяя вырубленные или сгоревшие сосновые, еловые, дубовые и лиственные леса. Береза быстро восстанавливает леса на обезлесенных территориях, но со временем ее заменяют другие породы деревьев.

1.5.2 Ботаническая характеристика пырея ползучего

Пыре́й ползу́чий (лат. *Elytrigia répens*) – он известен как многолетнее травянистое растение семейства Эритригиевые. Помимо того, что это лучшее кормовое растение, оно также является трудноискоренимым сорняком для культурных растений.

Многолетняя трава высотой 40-130 см с длинными ползучими корневищами, не образует дернины. Стебли прямостоячие. Листья очередные, плоские, линейные, блестящие и покрытые оболочкой. Листовые пластинки зеленые или серо-зеленые, обычно 3-8 мм шириной.

Соцветия единичные, двугубые. Цветки мелкие, фисташковидные, редкие, собраны в венчики по 4-7 шт. Кончик венчика самый длинный, достигает 15 см в длину. Цветы раскрываются с июня по август. Плоды – зерна длиной 0,5 см, напоминающие пшеницу. Корневища растут горизонтально и имеют сердцевидную форму. Растет на полях, лугах, травянистых склонах и лесных опушках.

Корневище не имеет периода покоя и начинает расти только при небольшом повреждении. Оно растет горизонтально в почве и разветвляется. Кончики ветвей загибаются вверх и достигают земли, образуя новые экземпляры пырея.

Происходит из Европы, Северной Африки и Азии. В нашей стране он растет повсеместно.

Он натурализовался по всему миру, но почти во всех регионах считается инвазивным сорняком. Чтобы искоренить его в домашнем саду, перекопайте почву, удалите корневища вручную и замульчируйте. Вне почвы корневища пырея быстро отмирают.

Обычно он растет на достаточно богатых почвах на равнинах и в горах (в основном в средней и альпийской зонах), где есть повышенная влажность. Он растет группами с другими травами на пойменных лугах и

как сорняк на возделываемых участках. Трава может расти в высоту на пойменных лугах и залежных участках.

Это очень зимостойкий, холодо – и морозоустойчивый сорняк. Многолетний сорняк, очень выносливый и переносит морозы до -5°C . Очень влагоустойчив и может выдерживать временное переувлажнение почвы и затопление (до 20 дней). В настоящее время он засухоустойчив и может переносить сезонные засухи на севере и зоны дефицита воды на юге. Менее засухоустойчив, чем Хромограсс серебристый (лат. *Bromus inermis*). Устойчив к засолению почвы, но менее, чем пырей и осот. Очень гибкая в уходе. Растет на различных типах дерново-подзолистых, черноземных и плавающих травянистых почвах [4, 5].

Размножается разнотравьем и корневищными черенками, особенно активно при обработке почвы дисковой бороной. Семена довольно часто попадают в физиологически незрелом состоянии. Всхожесть сохраняется в течение 45 лет. В полевых условиях прорастание происходит при температуре 68°C . Растения развиваются зимой.

Если условия благоприятны, а почва рыхлая и плодородная, растение не прочь зацвести и размножается только корневищем. Семена образуются, когда почва уплотнена и суха, в засушливые годы и когда развитие корневища затруднено. Корневища сорняка могут охватывать несколько сотен километров на гектар, поэтому существует около 250 миллионов побегов, каждый из которых может прорасти и образовать самостоятельное растение. Большинство корневищ на возделываемых территориях находится на глубине 10-12 см. На почвах с густым ростом растений они находятся на глубине 3-5 см. В естественных условиях из ненарушенных корневищ образуется 2-54 % побегов. Молодые корневища пырея белые, а старые - желтовато-коричневые. Урожай корневищ может достигать $2,5\text{ кг/м}^2$.

Если удалить или повредить верхушечную почку побега, начнет расти следующий побег. Часть корневища с хотя бы одним побегом может

регенерировать. Подземная ризобиальная система проникает в почву на глубину 75 см в первый год, 195 см на второй год и 250 см на третий год (менее 20 см в основной чаше и 8 и 10 см на уплотненных почвах). Прополка неэффективна в борьбе с пыреем, и единственной мерой является выдергивание корневищ при перекопке. Если оставить пырей в покое, он может жить довольно долго: его рост будет продолжаться в течение 6-7 лет, после чего он постепенно истончится и погибнет.

Выводы по первой главе

В главе первой обсуждается роль железа в метаболизме растений и его роль в биологических индикаторах растений. Можно сказать, что под биологическими показателями понимают оценку качества природной среды, которая осуществляется по морфологическим и функциональным состояниям обитающих в ней организмов. Экологическая основа биологических индикаторов состоит в том, что любой организм имеет генетически детерминированные и филогенетически приобретенные признаки, определяющие его способность к выживанию при определенных факторах. Поэтому каждый организм имеет оптимальный диапазон развития. За пределами этого диапазона наблюдаются различные возмущения, которые регистрируются в процессе биоиндикаторного процесса [14].

Распространенным стрессовым фактором для растений является избыток тяжелых металлов в почве. Присутствие тяжелых металлов вызывает нарушения роста и развития растений, способствует повреждению липидных мембран, белков и нуклеиновых кислот в клетках, и, в итоге, приводит к повышению образования АФК и, что приводит к окислительному стрессу. Такие изменения ведут к усилению активности защитных систем у растительного организма.

ГЛАВА 2 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТОВ БИОИНДИКАЦИИ И УСЛОВИЙ ИХ ПРОИЗРАСТАНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЕЕ ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЙОНОВ ГОРОДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗА В ЛИСТЬЯХ БЕРЕЗЫ И ТРАВЯНОМ ПОКРОВЕ

2.1 Описание точек отбора проб. Методы исследования

Челябинск – административный центр Челябинской области, расположенный на Южном Урале. Территория города находится на восточном склоне Уральских гор, на 200 км южнее Екатеринбурга, на высоте около 200–250 м над уровнем моря. Климат – умеренный континентальный. Город находится на границе Урала и Сибири.

Вследствие того, что Челябинск является промышленным городом с большим количеством заводов, экологическая ситуация в городе является особенно острой. В экологическом рейтинге общественной организации «Зеленый патруль» Челябинская область, вместе с Челябинском, за период зимы 2022–2023 гг. заняла 84 место из 85 [3].

В отчётах Росгидромета и министерства экологии Челябинской области за 2022 г. отмечено, что уровень загрязнения воздуха в городе — повышенный. Средняя годовая предельно допустимая концентрация (ПДК) зафиксирована у формальдегида и фторида водорода, а периодическое превышение норм фиксировалось у диоксида азота, оксида углерода, бензапирена, фенола, сероводорода, этилбензола, бензола, свинца, марганца и взвешенных веществ. За 2016-2022 гг. отмечено повышение концент–раций оксида углерода, формальдегида, фторида водорода, аммиака, ксилолов, этилбензола, толуола, никеля, хрома.

Экология Челябинска характеризуется постоянным объявлением дней с неблагоприятными метеоусловиями (НМУ), которые возникают при штиле и слабом ветре, из-за чего происходит скопление выбросов в

нижнем слое атмосферы. Имеется негативная тенденция, так как в 2021 г. 52 % дней (190 дней из 365) сопровождались НМУ, а в 2020 г. – 180 дней.

В 2021 г. в атмосферу Челябинска было выброшено 257,42 тыс. т загрязняющих веществ: 113,15 тыс. т от автотранспорта (44 % от общего количества) и 144,27 т от промышленных предприятий. Самыми главными предприятиями, загрязняющими воздух в Челябинске, являются: ЧМК – 46,6 %, Фортум (городские ТЭЦ 1, ТЭЦ 2, ТЭЦ 3 и ГРЭС) – 14,7 %, ЧЭМК – 6,3 %, цинковый завод – 3 % [7].

В черте города расположены несколько озер: Смолино, Первое и Второе, Шелюгино и Шершнёвское водохранилище. Шершнёвское водохранилище – источник питьевой воды для города, согласно отчёту Росприроднадзора, имеет высокое органическое загрязнение, а качество исходной воды не соответствует в 8 из 12 взятых проб в 2021 г. Роспотребнадзор заявлял, что купание на всех водоёмах Челябинска является опасным. Р. Миасс, протекающая через город, подвергается влиянию сточных вод городских очистных сооружений и предприятий, что выразилось в 2020 г. в периодических превышениях ПДК по азоту аммония, азоту нитритов, азоту нитратов, фосфатам (по фосфору), железу общему, никелю, мышьяку, меди, цинку, марганцу, нефтепродуктам.

Основными источниками загрязнения почвы являются промышленные и бытовые отходы, а также автотранспорт. В результате анализа за 2015 г., в почвах Челябинска было найдено превышение нормативов по цинку (18,2 % проб), мышьяку (11 %), свинцу (4,1 %), кадмию (2,4 %), марганцу (2 %) и меди (1,1 %).

Исторически в Челябинске была крайне сложная ситуация со складированием бытовых отходов, так как городская свалка, официально закрытая в 1992 г., продолжала работать в связи с отсутствием альтернативы, она была закрыта в сентябре 2018 г. В 2015 г. твёрдые бытовые отходы города составили 559,8 тыс. т. Размер свалки составлял 0,75 км², а высота достигала 40 м. Вдобавок к критической ситуации с

выбросами в атмосферу, периодически на свалке до 2020 г. происходили пожары, которые приводили к образованию неприятного запаха на территории города [23].

Направление, скорость и сила ветра являются важнейшим фактором для формирования уровня качества окружающей среды в городских условиях. Максимальные скорости ветра в Челябинске находятся в пределах 21–24 м/с. Зафиксированы случаи со скоростью ветра до 40 м/с.

Как видно из рисунка 1 основным направлением ветра в Челябинске является южный (25,7 %). Кроме того, преобладающими направлениями ветра можно назвать западный (23 %) и северный (18,4 %). Самый редкий ветер в Челябинске – северо-восточный (2,8 %).



Рисунок 1 – Роза ветров в г. Челябинск за 2022 г.

2.1.1. Центральный район

Челябинский городской бор (в районе ул. Лесопарковая).

Центральный район Челябинска (рис. 2) – деловой и культурный центр города. Его площадь составляет 44 км². Здесь сосредоточены все главные достопримечательности Челябинска. Также к центральному району относятся: самый большой парк (им. Гагарина), городские пляжи

Локомотивный, Маяковского, им. Урицкого, им. Дмитрия Донского, Таловка, станция Шершни и др.) [25].

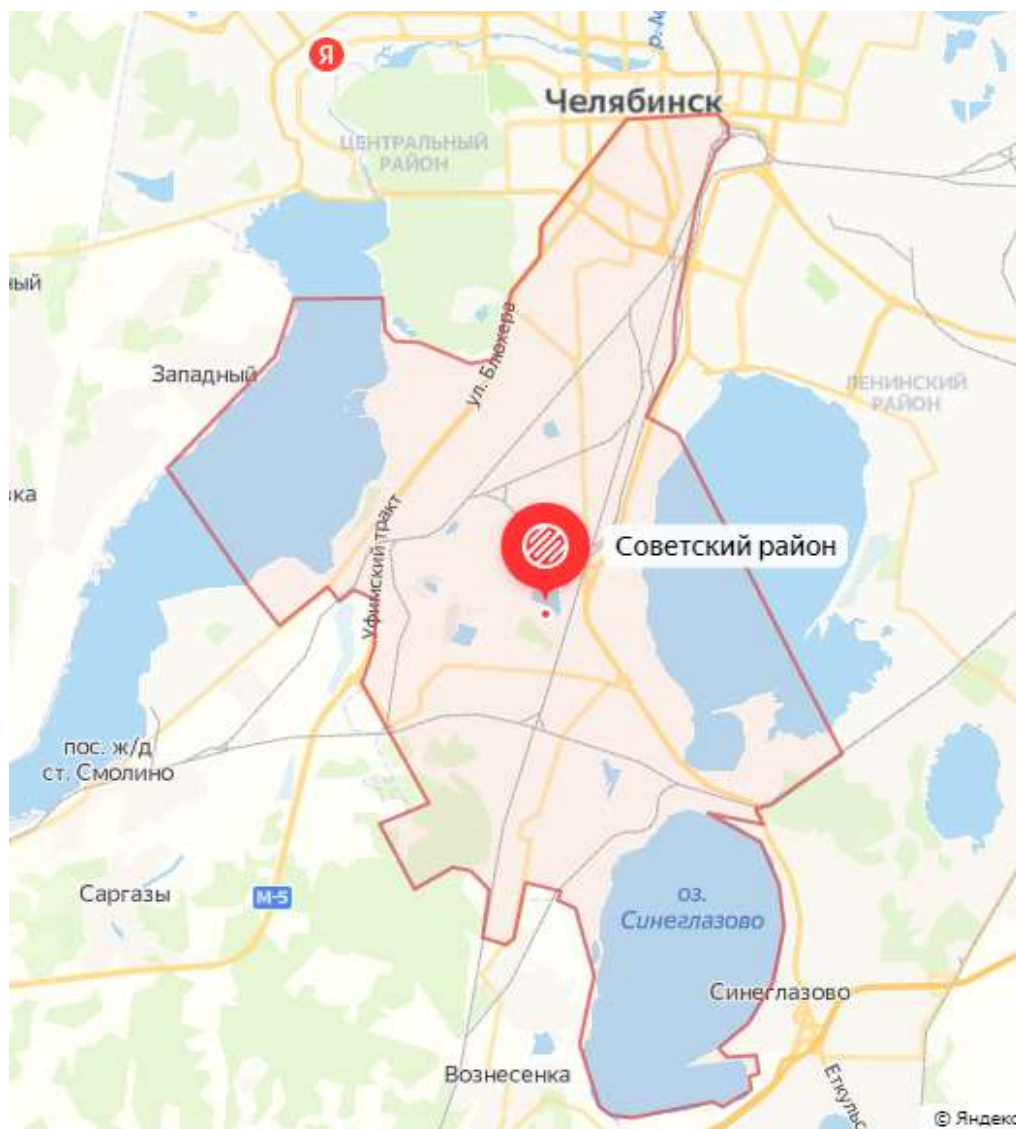


Рисунок 3 – Советский район г. Челябинска [25]

2.1.3. Ленинский район

Монастырская заимка «Плодушка».

Ленинский район (рис. 4) – это один из самых загрязненных районов г. Челябинска. На территории района расположено много стационарных источников загрязнения воздуха. К основным таким источникам относится ЧТПЗ, ТЭЦ-1, ЧКПЗ. Также сильно загрязнено оз. Смолино, где превышено содержание тяжелых металлов и других вредных веществ.

Содержание вредных веществ, вызванные антропогенным воздействием, превышает пределы допустимых значений в 3-8 раз.

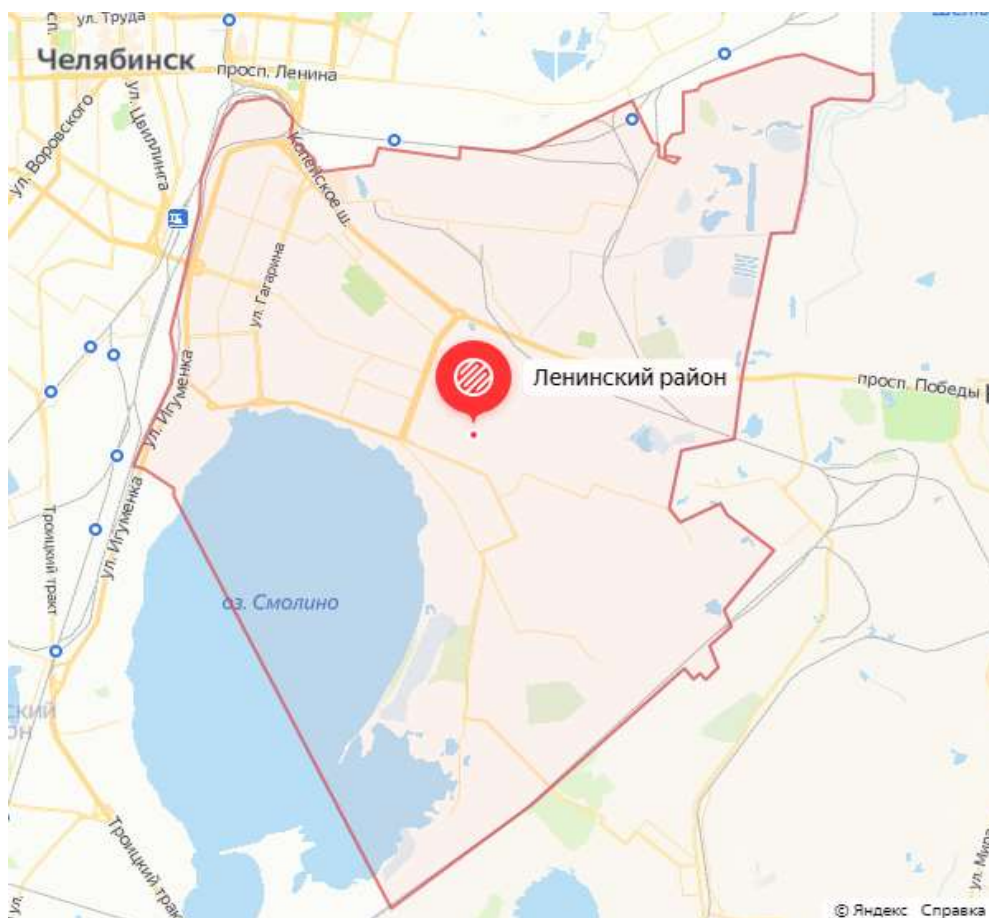


Рисунок 4 – Ленинский район г. Челябинска [25]

2.1.4. Metallurgical district

ПКиО им. Тищенко.

Metallurgical district (рис. 5), the area of which is 106 km², is concentrated almost 30% of the industrial potential of the city: PAO «Metsel», PAO «Chelyabinsk Metallurgical Plant», OAO «Chelyabinsk Electrode Plant», OAO «UralAvtoPriцеп», «TeploPribor», AOOT «Kemma», ZAO «Metselstroy» and others, almost 700 small enterprises [25].

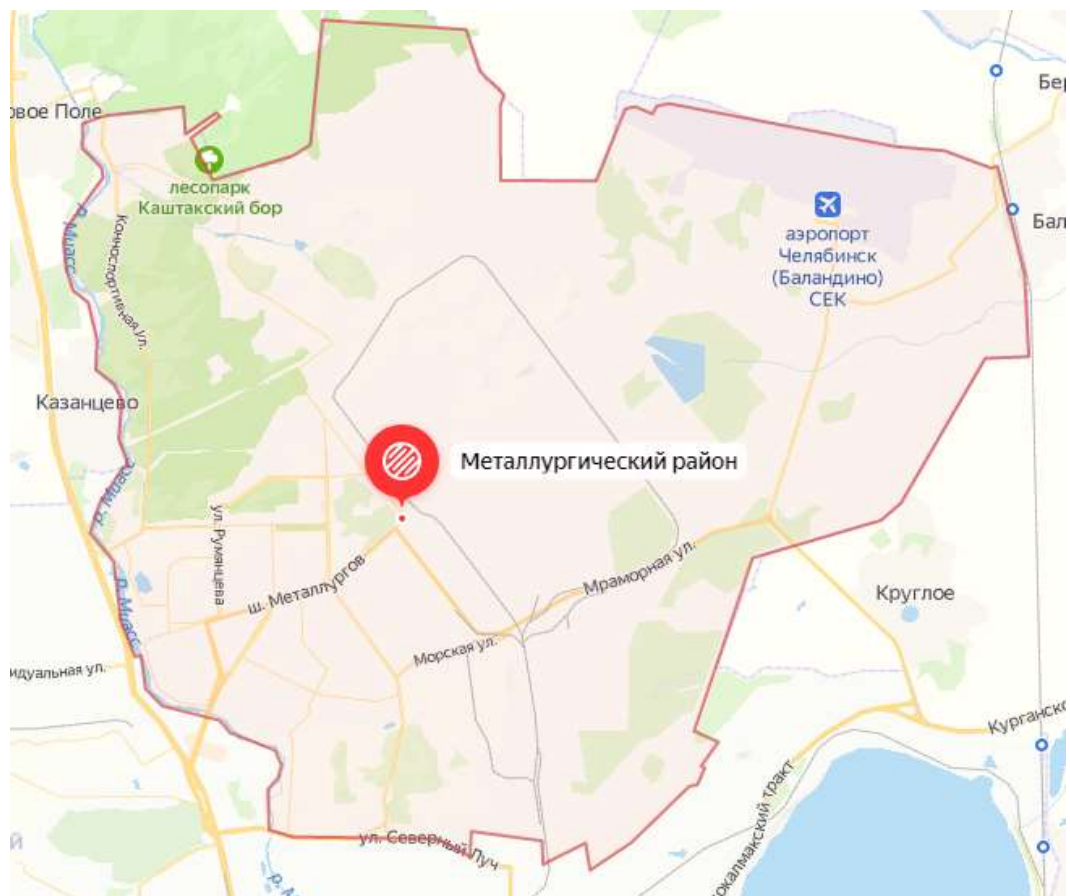


Рисунок 5 – Metallургический район г. Челябинска

2.1.5. Калининский район

Ул. Болейко.

Калининский район (рис.6) Один из 7 внутригородских районов Челябинска. Его площадь – 45 км². Район отличается от других многими специфическими чертами. Например, в отличие от других районов, он резко поделен на промышленную и жилую зону.

На его территории расположены: Челябинская ГРЭС, Челябинский абразивный завод и Челябинский электрометаллургический комбинат.

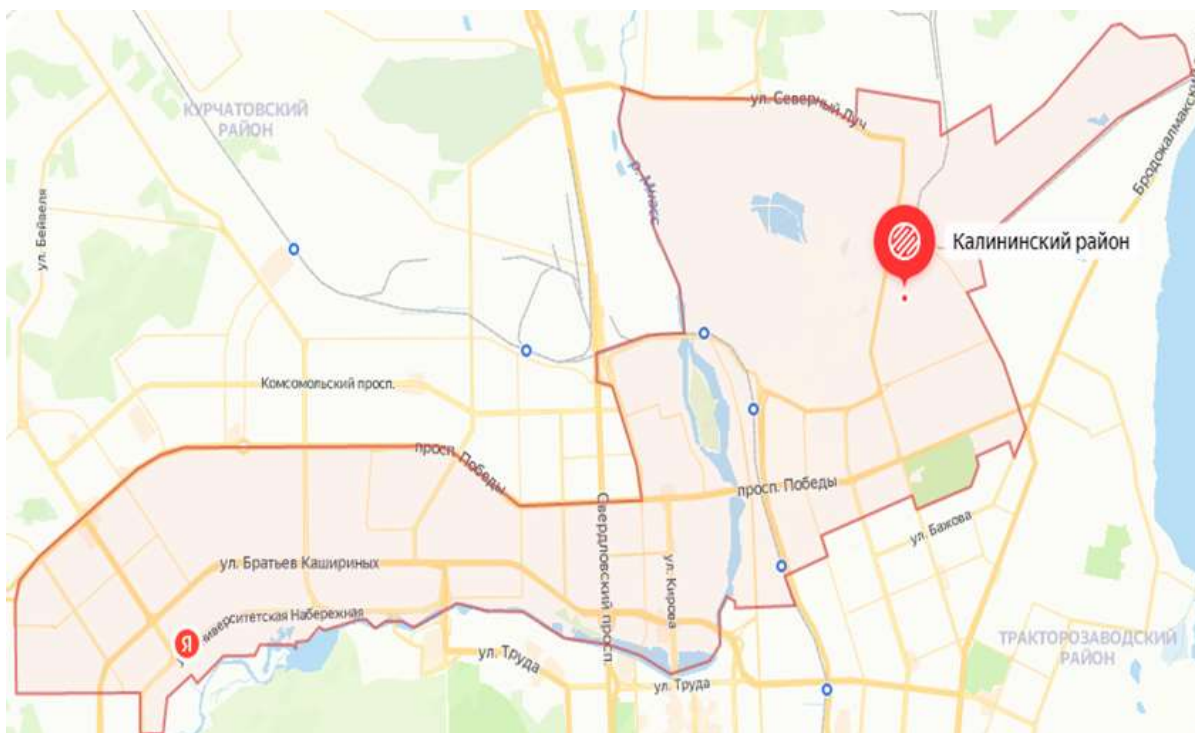


Рисунок 6 – Калининский район г. Челябинска

2.1.6. Курчатовский район

Северо-Западный парк.

Курчатовский район (рис.7). На территории района находятся крупнейшие предприятия ОАО «Челябинский цинковый завод», ОАО «Челябвтормед», ЗАО обувная фирма «Юничел», ОАО «Хлебпром», промышленная группа «Метран», Челябинский электровозо – ремонтный завод и др. Кроме того, Курчатовский район является одной из ведущих строительных площадок города. Также из Курчатовского района начинается большинство маршрутов общественного транспорта. Площадь Курчатовского района – 60,1 км² [25].

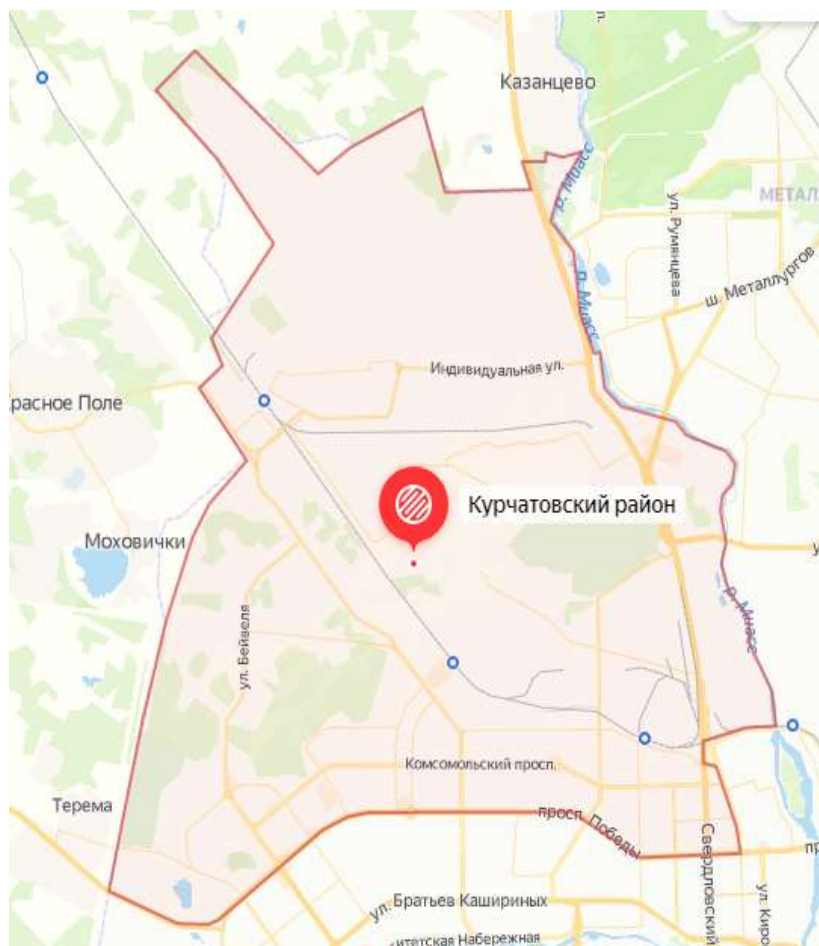


Рисунок 7 – Курчатовский район г. Челябинска

2.1.7. Тракторозаводский район

Никольская роща.

Тракторозаводский район (рис.8) Челябинска. Его площадь составляет 70 км². На территории района находится более 20 предприятий машиностроения, оборонной, легкой и пищевой промышленности, в том числе ОАО «Челябинский тракторный завод», СКБ «Турбина», ООО Студия Машин, ОАО «Автомеханический завод», ЗАО «Росси», ТЭЦ -2, ТЭЦ-3 [25].

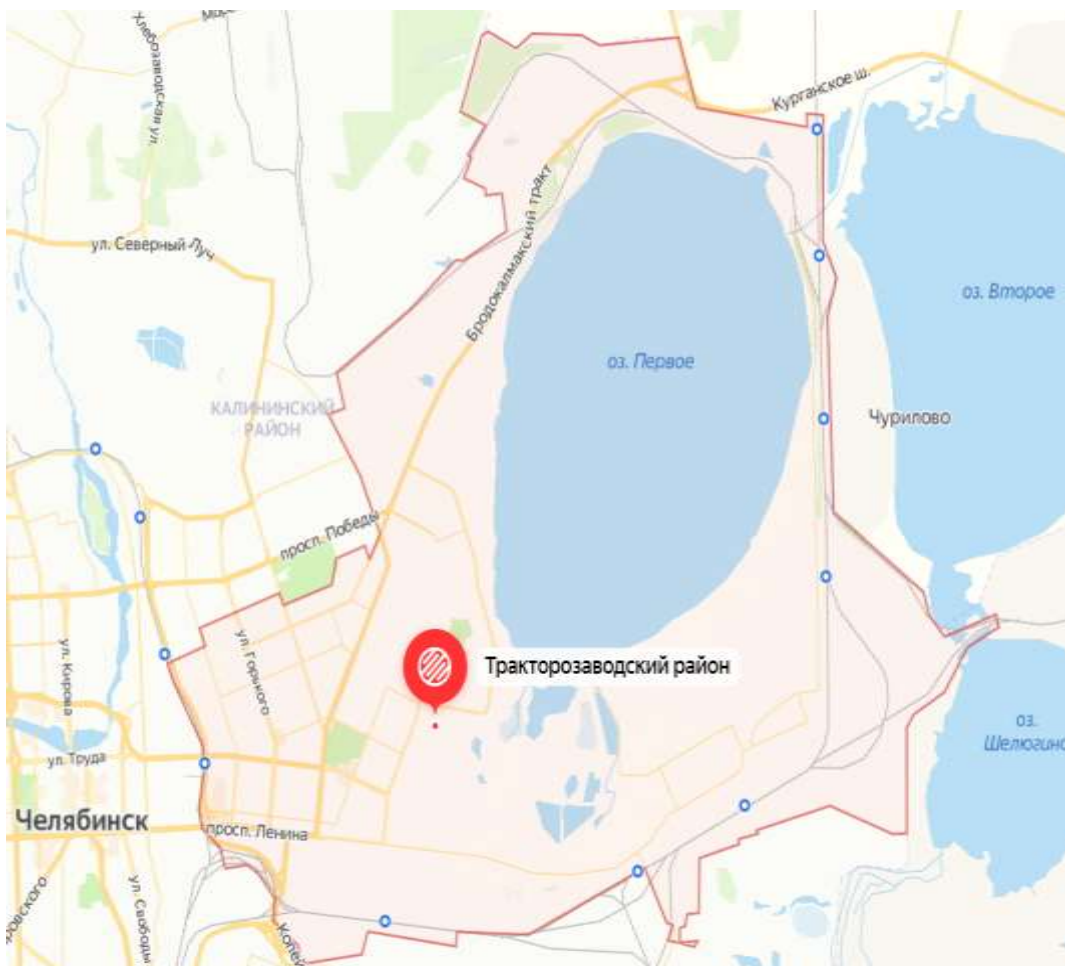


Рисунок 8 – Тракторозаводский район г. Челябинск

2.1.8. СНТ «Ремонтно – механический завод»

В качестве точки для отбора контрольных проб был выбран поселок СНТ Ремонтно-механический завод (рис. 9). Он находится вблизи города Копейск. Ближайшая остановка транспорта находится в 3 км от въезда в поселок. Территория пос. и окружающей его территории являются менее антропогенно нагруженными по сравнению с территорией г. Челябинск.

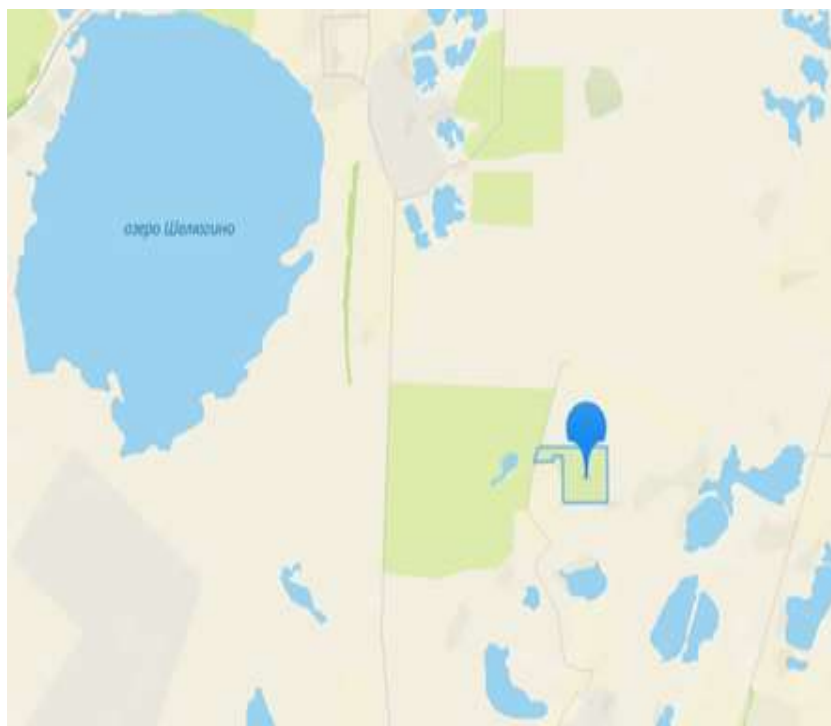


Рисунок 9 – СНТ «Ремонтно – механический завод»

Для наиболее достоверных результатов в каждом районе было отобрано по одной пробе обоих видов растений в менее техногенно-нагруженных участках каждого из районов, к которым относятся парки культуры, скверы и т.д. В качестве фоновой (контрольной) точки выбран пос. СНТ Ремонтно-механический завод, так как он достаточно отдален от города, а, следовательно, его территория не находится под сильным техногенным влиянием.

В качестве исследуемого материала были взяты 7 проб листьев берёзы повислой и 7 проб листьев пырея ползучего в 7 районах г. Челябинска (рис. 10). За контрольную точку мы взяли СНТ «РМЗ». Материалом для анализа выбраны именно листья растений, так как, содержащийся в них хлоропласты и митохондрии наиболее чувствительны к действию техногенных и антропогенных факторов.

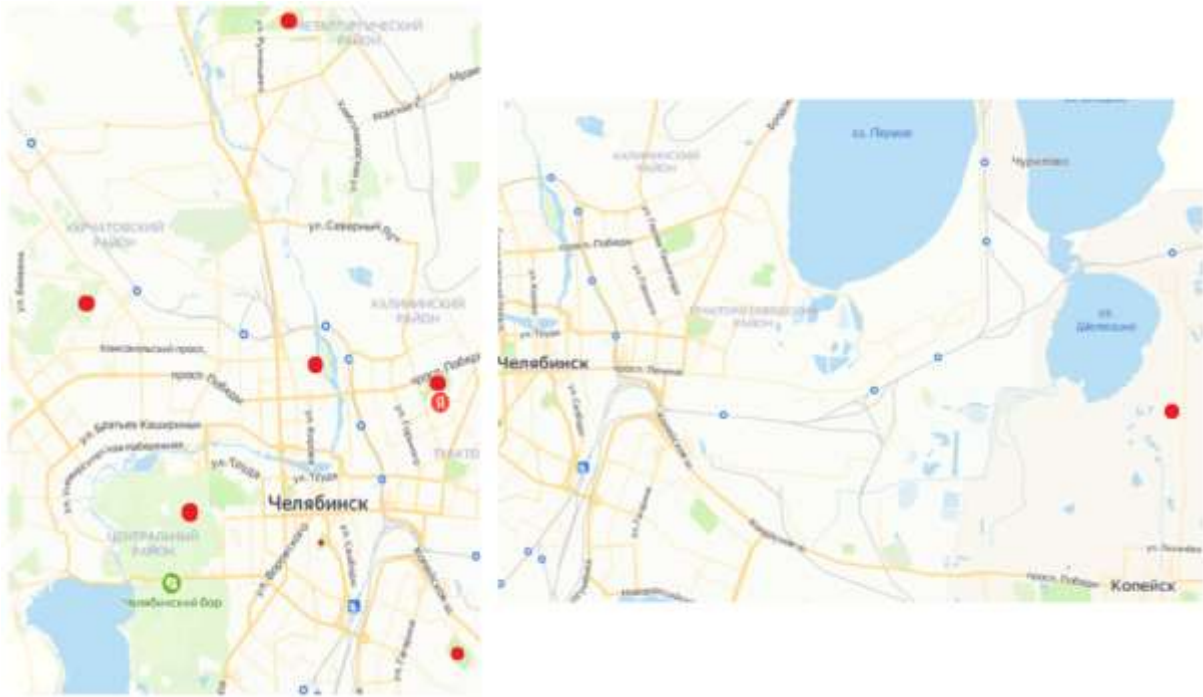


Рисунок 10 – Расположение точек отбора проб в г. Челябинска и его окрестностей

Содержание железа в работе определялось фотометрическим методом с использованием калибровочного графика. Роданидный метод основан на образовании окрашенных комплексных соединений при взаимодействии роданид – ионов аммония с ионами трехвалентного железа в кислой среде (рис. 11).



Рисунок 11 – Схема образования окрашенного комплекса при взаимодействии роданид – ионов с ионами трехвалентного железа

Интенсивность окраски раствора пропорциональна концентрации железа. Концентрации железа 0,05–0,4 мг в 1 л воды определяют с точностью $\pm 0,05$ мг. Интенсивность окраски измеряют на спектрофотометре и по предварительно построенному калибровочному графику находят содержание железа.

Для проведения эксперимента по определению железа в древесных и травянистых растениях роданидным методом перед нами встала задача

отделить органические соединения, мешающие в определении железа. Для этого, каждый образец был высушен до абсолютно-сухого веса при температуре 100-105° С. Сухие и измельчённые образцы листьев взвешивались на кальке с точностью до 0,01 г. Далее образцы были помещены в доведенные до постоянной массы фарфоровые тигли. Тигли поставили на разогретую плитку в вытяжной шкаф и прогревали до обугливания и исчезновения черного дыма. Тигли поставили на разогретую плитку в вытяжной шкаф и прогревали до обугливания и исчезновения черного дыма. Затем тигли поставили в муфельную печь при температуре 400-450° С и прокаливали 20–25 мин до полного озоления. После этого пробы были обработаны подобно пробам калибровочного графика по методике, описанной в приложении 1.

Содержание ионов железа определяли при помощи КФК-3. Спектр поглощения снимали при длине волны 450 нм в кювете с толщиной жидкостного слоя 10 мм.

2.2 Определение антропогенной нагрузки в зависимости от концентрации железа в надземной фитомассе

Для определения антропогенной нагрузки необходимо знать среднее содержание железа в растениях, оно составляет 0,02–0,08 мг/кг сухой массы. Для травянистых растений нормой считается содержание Fe в их надземной фитомассе от 0,05 до 0,09 мг/кг сухого вещества, для злаковых растений к которым относится пырей ползучий среднее значение чуть выше и составляет 0,06–0,1 мг/кг сухой массы.

На основе проведенных экспериментов мы видим следующие результаты (рис.12) это говорит нам о том, что самые высокие показатели содержания железа в листьях и древесных и травянистых представителей флоры были выявлены в Metallургическом, Тракторозавдоском, а также в Ленинском районах города, однако самые высокие показатели принадлежат именно Metallургическому району. Самыми низкими

значениями обладают Центральный, Курчатовский и Калининский районы города.

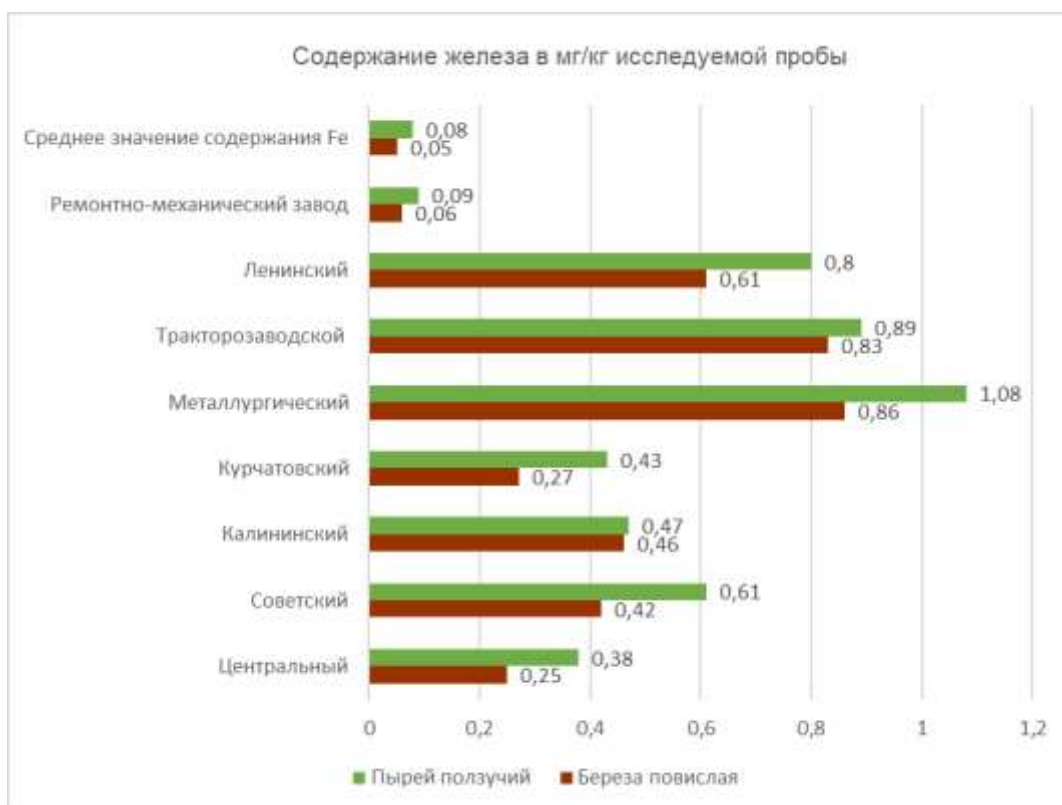


Рисунок 12 – Диаграмма количественного содержания железа в листьях березы повислой и пырея ползучего в точках отбора проб

Экологическая обстановка в Metallургическом районе г. Челябинска формируется под влиянием выбросов ряда промышленных предприятий, крупнейшим из которых является ОАО «Челябинский металлургический комбинат» (ЧМК), а также выбросов автотранспорта. На экологическое состояние растительности, в том числе в Metallургическом районе, влияет неблагоприятное направление розы ветров. Для селитебной части района неблагоприятными являются относительно редкие ветры северо-восточного и восточного направлений, при которых усиливается влияние ЧМК [8].

Сравнение с контрольной точкой показывает, что все районы города испытывают антропогенную нагрузку. На диаграмме можно увидеть, что наиболее благоприятная ситуация в Центральном районе города. Это

обусловлено с отсутствием вблизи отбора проб промышленных предприятий и благоприятным расположением с позиции розы ветров.

Полученные результаты показывают, что содержание железа в листьях пырея ползучего выше, чем в листьях березы, что обусловлено видовыми особенностями данных биоиндикаторов.

Таким образом, берёза повислая и пырей ползучий в городских условиях могут быть использованы как объекты биоиндикации общей антропогенной нагрузки.

Вывод по второй главе

Нами были рассмотрены биологические описания исследуемых древесных и травянистых растений, а также описание мест отбора проб. Было выяснено, что берёза и пырей являются наиболее подходящими для анализа содержания железа и выявление зависимости его количества от состояния окружающей среды. Берёза повислая чувствительно реагирует на усиление антропогенной нагрузки изменением ряда физиолого-биохимических параметров и может быть использована как вид-индикатор при осуществлении биомониторинга городских территорий. Пырей ползучий также хорошо справляется с техногенной нагрузкой в условиях городской среды, являясь чувствительным и информативным индикатором качества.

С целью оценки экологического состояния г. Челябинска, нами проведен отбор и анализ проб листьев березы и травянистого покрова представленным пыреем ползучим во всех районах города, а также в контрольной точке для более точного сравнения показателей количественного содержания железа как показателя благоприятности экологической обстановки данной местности.

Полученные данные свидетельствуют о высокой техногенной нагрузке в Metallургическом районе и наиболее благоприятной ситуации

в Центральном районе, что соответствует данным представленным в отчёте министерства экологии.

Также исходя из полученных данных можно говорить о том, что листья березы и пырея могут быть использованы в качестве растений биоиндикаторов так как содержание железа в них достаточно высокое даже при нормальных показателях вне антропогенной нагрузки что, облегчает анализ и снижает вероятность погрешности при выполнении анализа проб.

Исходя из проделанной работы, мы можем говорить о том, что материалы исследования могут быть использованы в дальнейшем учителями химии и биологии в рамках школьных проектов, в рамках уроков посвящённых обмену веществ в растениях и внеурочных и внеклассных мероприятиях по химии, а также метапредметных занятиях.

ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МЕТАПРЕДМЕТНОГО ЗАНЯТИЯ «ЖЕЛЕЗО В ПРИРОДЕ. АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ»

3.1 Характеристика и критерии метапредметного занятия

Развитие познавательного интереса у учащихся, мотивация к изучению предметов школьного курса — основные задачи современной системы образования.

С одной стороны, в основе образования лежит предметный подход, поскольку учебный предмет есть трансляция основ науки, а наука имеет предметную форму организации. Обособленность разных научных дисциплин и учебных предметов друг от друга досталась нам в наследство еще от XVII в., когда началось бурное развитие научного знания, возникли образовательные модели, которые были ориентированы на воспроизводство и закрепление результатов развития отдельных научных дисциплин и подготовку специалистов под конкретные области знания. Отсюда в педагогической практике возникает естественная проблема: учащийся с трудом связывает для себя систему понятий одного учебного предмета с системой понятий другого. При этом с другой стороны, одна из главных целей образования – формирование у обучающихся целостной картины мира.

Метапредметный подход в образовании и соответственно метапредметные образовательные технологии были разработаны для того, чтобы решить проблему разобщенности, расколотости, оторванности друг от друга разных научных дисциплин и, как следствие, учебных предметов. Термины «метапредмет», «метапредметность» имеют глубокие исторические корни, впервые об этих понятиях речь вел еще Аристотель. Возможности формирования метадеятельности заложены в ряде методик, подходов и технологий, применяемых в XX в.:

- коммуникативная дидактика,
- эвристическое обучение,

– логико-смысловое моделирование.

Метапредметный подход подразумевает промысливание (а не запоминание) важнейших понятий учебного предмета; образовательную деятельность по переоткрыванию знаний на разном учебном материале; рефлексивную деятельность обучающихся. Метапредметный подход – обучение обобщенным способам работы с любым предметным материалом: понятием, схемой, моделью и т.п. и связана с жизненными ситуациями. Особенности реализации метапредметного подхода или деятельностной (мыследеятельностной) педагогики.

1. Содержание образования представляется совокупностью деятельностных единиц содержания. За каждым понятием можно восстановить способ его порождения. Если учитель раскрывает для учащегося такой способ и передает его последнему как средство его собственного действия, то можно утверждать, что учитель работает с понятием как с деятельностной единицей содержания образования.

2. Наличие совместной деятельности учителя и ученика во время использования каких бы то ни было учебных форм. Наивно думать, что ученик сможет что-то такое, чего не умеет учитель. Поэтому сначала умеет делать учитель, затем в ходе определенного деятельностного взаимодействия с учителем учащийся осваивает то, что умеет педагог. Например, определенные образцы и способы построения теоретического понятия. Или модели. Или постановки собственной учебной задачи. Или выстраивания проблемного контура обсуждаемого вопроса, связанного с занятием собственной позиции. Обучение им в информационном залоге невозможно.

3. Наличие рефлексии. Рефлексивность закладывается как в структуру устройства самих дидактических схем организации учебного материала, так и в способ работы с учащимися: в конце каждого занятия или на каком-то определенном этапе учитель организует осознанное присвоение учащимся содержания, направляя его сознание на то, что

проделявалось во время учебного занятия конкретно с ним, а также со всеми другими учащимися.

4. Ориентация дидактических схем на формирование и развитие у учащихся базовых способностей. Именно в форме развития способностей выражается качество образовательного процесса, его результативность. А логика развития обучения заключается в движении от метазнаний к метаспособу и метаумению, от метаумения к метадеятельности, от метадеятельности к метаспособности. В рамках общего образования и его результата речь идет о базовых метаспособностях.

3.2 Методическое и дидактическое сопровождение метапредметного занятия на тему «Железо в природе. Антропогенное загрязнение тяжелыми металлами»

Метапредметное занятие – это урок, целью которого является обучение переносу теоретических знаний по предметам в практическую жизнедеятельность учащегося. Для реализации метапредметности в данном занятии были использованы следующие методические приемы:

- работа с текстом,
- работа с диаграммами и таблицами,
- решение ситуационных задач,
- работа с опорной схемой,
- работа с электронными ресурсами.

Целью занятия являлось сформировать представление о роли железа в природе, его пользы и вреда для экосистем и путях его поступления.

Учебно-методическим комплексом стали учебники А.Г. Драгомилов, «Биология» 9 класс, М. «Вентана – Граф», 2018 год; О.С. Габриелян, «Химия» 9 класс, М. «Дрофа», 2018 года.;

Место урока в учебном плане: урок на тему «Железо в природе. Антропогенное загрязнение тяжелыми металлами» проводится в конце

главы посвященной «Химической организации природы. Природы как источника сырья химической промышленности».

3.2.1 Работа с текстом

В процессе урока учащимся было предложено такое задание как работа с текстом. С помощью данного задания у учащихся формируется умение выделять необходимую информацию для составления опорной схемы. Для данного задания были использованы тексты, включающие в себя химические формулы различных минералов, содержащих железо, схемы протекания различных процессов. Например, из текста о содержании железа в литосфере (прил.3) при ответе на вопрос о составе железосодержащих минералов учащиеся выписывают следующие руды и минералы – гематит, магнетит, пирит служащие в качестве сырья для металлургических производств. При ответе на вопрос о способах вымывания железа из почвы учащиеся описывают вымывание грунтовыми водами и переход в коллоидную форму, способную оседать в виде «железных шапок», которые также используют в металлургии. При анализе текста о содержании железа в гидросфере (прил.3) учащиеся выписывают формы содержания железа в гидросфере – растворенная (комплексные соединения железа), коллоидная и взвешенная, а также источники поступления железа в гидросферу – химическое выветривание горных пород, подземные стоки, со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и сельскохозяйственными стоками.

3.2.2 Работа с диаграммами и таблицами

В ходе урока перед учащимися ставится вопрос о том каким образом человек может контролировать содержание железа в окружающей среде.

Учащимся предлагается проанализировать таблицу 1 и диаграмму (рис.13) и сделать вывод степени антропогенной нагрузки по содержанию железа в различных районах города.

Таблица 1 – Размещение предприятий г. Челябинска

Район	Предприятия
1	2
Центральный	К центральному району относятся: самый большой парк (им. Гагарина), городские пляжи на оз. Шершни и самый экологически чистый жилой район – Тополиная аллея. К еще одному плюсу района можно отнести хорошо развитую транспортную систему, но с другой стороны, это может являться и недостатком – постоянно заполненные до отказа парковки и большой объем выброса выхлопных газов от автотранспорта.
Советский	В настоящее время район занимает пятую часть города Челябинск. Советский район называют самым «поселковым» из районов города. Его называют «созвездием поселков» (Исаково, Новосинеглазовский, Смолинский, Федоровка, Сосновка, АМЗ, Локомотивный, Маяковского, им. Урицкого, им. Дмитрия Донского, Таловка, станция Шершни и др.), в нем практически отсутствуют крупные дорожные развязки.
Ленинский	На территории района расположено много стационарных источников загрязнения воздуха. К основным таким источникам относится ЧТПЗ, ТЭЦ-1, ЧКПЗ. Также сильно загрязнено оз. Смолино, где превышено содержание тяжелых металлов и других вредных веществ.
Металлургический	В районе сконцентрировано почти 30 % промышленного потенциала города: ПАО «Мечел», ПАО «Челябинский металлургический комбинат», ОАО «Челябинский электродный завод», ОАО «Уралавтоприцеп», «Теплоприбор», АООТ «Кемма», ЗАО «Мечелстрой» и др., почти 700 предприятий малого предпринимательства
Калининский	В отличие от других районов, он резко поделен на промышленную и жилую зону. На его территории расположены: Челябинская ГРЭС, Челябинский абразивный завод и Челябинский электрометаллургический комбинат.
Курчатовский	На территории района находятся крупнейшие предприятия ОАО «Челябинский цинковый завод», ОАО «Челябвтормед», ЗАО обувная фирма «Юничел», ОАО «Хлебпром», промышленная группа «Метран», Челябинский электровозо-ремонтный завод и др. Кроме того, Курчатовский район является одной из ведущих строительных площадок города..
Тракторозаводский	На территории района находится более 20 предприятий машиностроения, оборонной, легкой и пищевой промышленности, в том числе ОАО «Челябинский тракторный завод», СКБ «Турбина», ООО Студия Машин, ОАО «Автомеханический завод», ЗАО «Росси», ТЭЦ -2, ТЭЦ-3

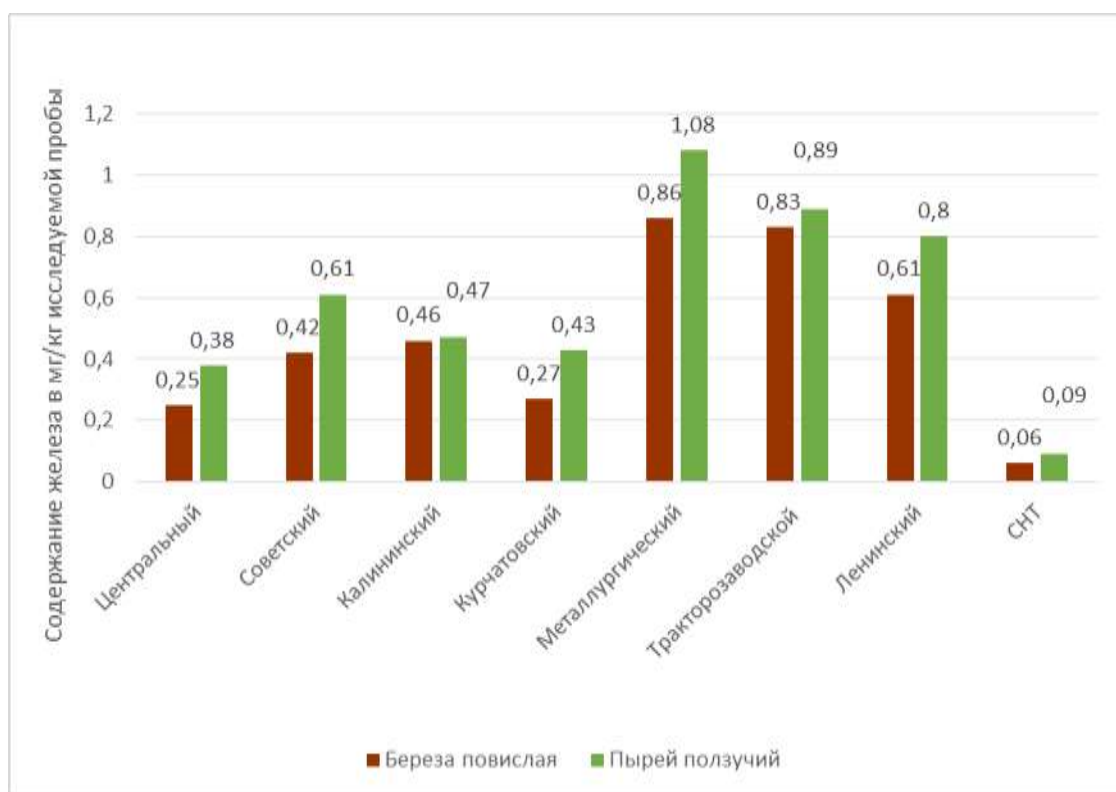


Рисунок 13 – Диаграмма количественного содержания железа в листьях березы повислой и пырея ползучего в разных районах г. Челябинска

3.2.3. Решение ситуационных задач

В ходе урока перед учащимися ставится проблемный вопрос о влиянии железа на здоровье человека. Ученикам предлагается проанализировать текст задачи и выявить пути попадания железа в организм и установить опасность перегрузки организма железом. Задача звучит следующим образом: «Двое сестер близнецов, проживающих в промышленном городе вели одинаковый образ жизни, занимались спортом, правильно питались, пили достаточное количество воды. Однако, одна из сестер пила бутилированную воду, либо воду прошедшую дополнительную очистку бытовым фильтром, другая пила воду только из-под крана. В определённый момент жизни одна из сестер, начала чувствовать недомогания и жаловалась на боли в сердце, печени и желудочно-кишечном тракте. Врачи долго не могли идентифицировать причину этих симптомов так как анализы крови и другие тесты были в норме. Долгое время врачи назначали лекарства, облегчающие состояние,

но не решающие причину этих симптомов до тех пор, пока один из врачей не предложил сделать МРТ всего тела в ходе которого была обнаружена перегрузка организма железом. Откуда в организме женщины появилось большое количество железа при ее здоровом образе жизни?». При ответе на вопрос ученики описывают симптомы способные появляться по причине переизбытка железа в организме, а также указать на то что переизбыток железа можно получить при употреблении воды с повышенным содержанием железа.

3.2.3 Работа с опорной схемой

На протяжении всего метапредметного занятия ученикам предлагается заполнять опорную схему (рис.14) в которой по мере продвижения урока будут отражаться тезисы необходимые для усвоения и систематизации знаний. Данную опорную схему ученики заполняют последовательно, выполняя задания, описанные выше что, позволит наиболее емко отразить полученные знания в ходе занятия.



Рисунок 14 – Схема опорного конспекта

Так же в ходе урока ученикам было предложено задание на обобщение и систематизацию полученных знаний. путем выполнения интерактивного задания составленного с помощью ресурса learningapps.org(рис.16).

Его суть заключается в выборе правильного ответа на поставленный вопрос при этом вопросы тесно связаны с получившимся у каждого ученика опорным конспектом.

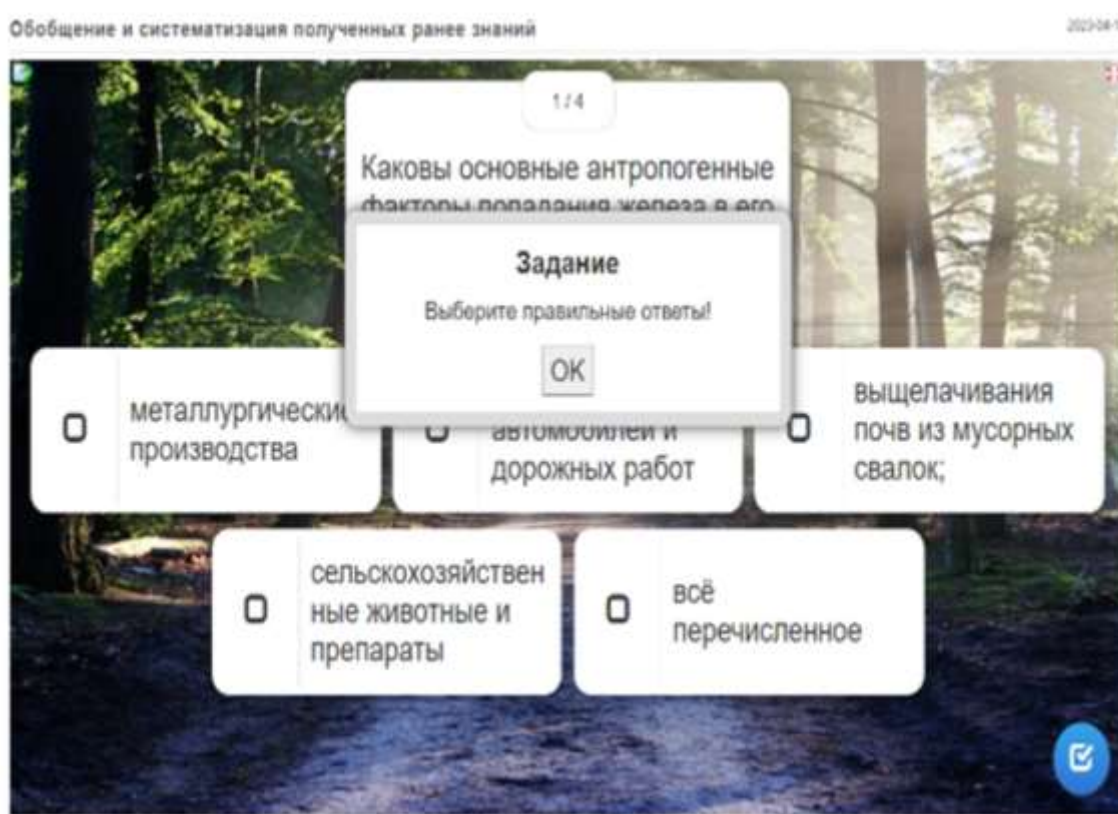


Рисунок 16 – Вид экрана на задание по обобщение пройденного материала

Вывод по третьей главе

Благодаря метапредметному подходу у детей развивается мышление, понимание, коммуникация, рефлексия. Происходит повышение эффективности процесса достижения метапредметных образовательных результатов при изучении главы посвященной «Химической организации природы. Природы как источника сырья химической промышленности.»

Благодаря проведенному метапредметному занятию учащиеся достигают следующих результатов:

К личностным результатам каждого ученика можно отнести принятие социальной роли обучающегося, развитие мотивов учебной деятельности и формирование личностного смысла обучения, социальных и межличностных отношений.

К метапредметным познавательным результатам можно отнести умения определять термины, устанавливать аналогии, делать выводы, производить поиск и анализ информации.

Исходя из всего вышеперечисленного можно говорить о том, что метапредметные занятия наиболее полно раскрывают тесно связанные темы на примере темы о роли железа в природе, в рамках уроков химии и биологии так как у обучающихся устанавливается полное понимание темы благодаря разным подходам этих предметов к одному и тому же явлению.

Также благодаря метапредметным занятиям ученик в процессе обучения не только овладевает системой знаний, но и осваивает универсальные способы действий с помощью которых формируются личностные качества и умение самостоятельно находить, анализировать и усваивать новую информацию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При изучении литературных данных мы можем говорить о том, что под биологической индикацией понимается оценка качества природной среды, которая производится по морфофункциональному состоянию живых организмов, в ней обитающих. Биоаккумуляция может осуществляться путем наблюдений за отдельными растениями-индикаторами, популяцией определенного вида и состоянием фитоценоза в целом.

Было выяснено, что берёза и пырей являются наиболее подходящими для анализа содержания железа и выявления зависимости его количества от состояния окружающей среды. Берёза повислая чувствительно реагирует на усиление антропогенной нагрузки изменением ряда физиологических параметров и может быть использована как вид-индикатор при осуществлении биомониторинга городских территорий. Пырей ползучий также хорошо справляется с техногенной нагрузкой в условиях городской среды, являясь чувствительным и информативным индикатором качества.

Исходя из проведенного исследования, мы можем говорить о том, что полученные данные свидетельствуют о высокой техногенной нагрузке в Металлургическом районе и наиболее благоприятной ситуации в Центральном районе, что соответствует данным представленным в отчёте министерства экологии.

Также исходя из полученных данных можно говорить о том, что листья березы и пырея могут быть использованы в качестве растений биоиндикаторов так как содержание железа в них достаточно высокое даже при нормальных показателях вне антропогенной нагрузки что, облегчает анализ и снижает вероятность погрешности при выполнении анализа проб.

Исходя из проделанной работы, мы можем говорить о том, что материалы исследования могут быть использованы в дальнейшем учителями химии и биологии в рамках школьных проектов, в рамках уроков посвящённых обмену веществ в растениях и внеурочных и внеклассных мероприятиях по химии, а также метапредметных занятиях.

На основе проделанной работы можно сделать ряд следующих выводов:

1. В условиях урбанизации возрастает значение такого понятия, как биоаккумуляция. Происходят процессы накопления в организме токсичных веществ, в том числе тяжёлых металлов, в концентрациях, превышающих концентрации, присутствующие в окружающей среде.

2. С помощью методов количественного определения железа в растениях были получены данные свидетельствующие о высокой техногенной нагрузке в Металлургическом районе, наиболее благоприятной оказалась ситуация в Центральном районе, что соответствует данным представленным в отчёте Министерства экологии и природных ресурсов Челябинской области.

3. На основе системно-деятельностного и метапредметного подходов к обучению с использованием результатов исследования разработано метапредметное занятие на тему «Железо в природе. антропогенное загрязнение тяжёлыми металлами».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алехина Н. Д. Физиология растений : учебник для вузов / Н. Д. Алехина, Ю. В. Балнокин, В. Ф. Гавриленко [и др.]; под ред. И. П. Ермакова. – 2-е изд., испр. – Москва : Изд-й центр «Академия», 2007. – 640 с.
2. Бузмаков С. А. Проблемы и примеры экспериментального изучения антропогенной трансформации природной среды и экосистем / С. А. Бузмаков // Сборник «Антропогенная трансформация природной среды». III НИУ. – 2015. – С. 13–24.
3. Бухарина И. Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде / И. Л. Бухарина, Т. М. Поварницина, К. М. Ведерников. – Ижевск : ИЖГСХА, 2007. – 216 с.
4. Воскресенский В. С. Изменение активности окислительно-восстановительных ферментов у древесных растений в условиях городской среды / В. С. Воскресенский, А. Л. Воскресенская // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – №1. – С. 75–82.
5. Гуртяк А. А. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора / А. А. Гуртяк, В. В. Углев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2010. – № 1. – С. 200–204.
6. Иваныкина Т. В. Актуальность биоиндикации растений в условиях техногенного загрязнения / Т. В. Иваныкина // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2010. – № 51. – С. 81–83.
7. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль. – Липецк : Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.

8. Карпун Н. Н. Механизмы формирования неспецифического индуцированного иммунитета у растений при биогенном стрессе / Н. Н. Карпун, Э. Б. Янушевская, Е. В. Михайлова // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – № 5. – С. 540–549.

9. Кириллов С. Н. Комплексная геоэкологическая оценка территории Волгограда / С. Н. Кириллов, Ю. С. Половинкина // Вестник Волгогр. гос. университета. Сер. 3, Экономическая экология. – 2011. – №1. – С. 239–245.

10. Кочуров Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие : учебное пособие / Б. И. Кочуров. – Смоленск : Маджента, 2003. – 384 с.

11. Коэн Ф. Регуляция ферментативной активности / Ф. Коэн. – Москва : Наука, 1986. – 154 с.

12. Кретович В. Л. Биохимия растений : учебник для биологических факультетов / В. Л. Кретович. – Москва : Высшая школа, 1980. – 445 с.

13. Ляшко О. А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды : учебное пособие. – Санкт-Петербург : ГТУРП, 2012. – 67 с.

14. Мандра Ю. А. Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды города Кисловодска на основе анализа флуктуирующей асимметрии / Ю. А. Мандра, Р. С. Еременко // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2010. – Т. 12. – №1-8. – С. 1990–1994.

15. Николаевский В. С. Методы оценки состояния древесных растений и степени влияния на них неблагоприятных факторов / В. С. Николаевский, Н. Г. Николаевская, Е. А. Козлова. – Москва : МГУЛ, 1999. – №2 (7). – С. 76–77.

16. Николаевский В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации / В. С. Николаевский. – Москва : МГУЛ, 1999. – 193 с.

17. Серебрякова Н. Е. Диагностика жизнеспособности древесных растений г. Нижнекамска по активности фермента каталазы / Н. Е. Серебрякова, М. А. Карасева, В. Н. Карасев, Ю. В. Граница // Российский журнал прикладной экологии. – 2015. – №4 (4). – С. 39–43.
18. Титов А. Ф. Устойчивость растений и фитогормоны / А. Ф. Титов, В. В. Таланова. – Петрозаводск : Изд-во Карельского научного центра, 2009. – 206 с.
19. Туровцев В. Д. Биоиндикация : учебное пособие / В. Д. Туровцев, В. С. Краснов. – Тверь : Твер. гос. ун-т, 2004. – 260 с.
20. Фонотов М. Городская география: экспериментальное учебное пособие для учащихся основной школы / М. Фонотов. – Челябинск : История моего города, 1999. – 77 с.
21. Фролов А. К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем / А. К. Фролов. – Санкт-Петербург : Наука, 1998. – 328 с.
22. Хомич В. А. Экология городской среды : учебное пособие для вузов / В. А. Хомич. – Омск : Издательство СИБАДИ, 2002. – 267 с.
23. Шакирова Ф. М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и её регуляции / Ф. М. Шакирова. – Уфа : Гилем, 2001. – 160 с.
24. Кретович В.Л. Биохимия растений / В.Л. Кретович. – Москва : Высшая школа, 1986. – 560 с.
25. Яндекс Карты : Челябинск // Яндекс Карты [сайт]. – URL: <https://yandex.ru/maps/56/chelyabinsk/?ll=61.453888%2C55.181473&z=14> (дата обращения 17.04.2023).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Определение массовой концентрации общего железа с роданидом

1. Сущность метода

Метод основан на взаимодействии в сильноокислой среде окисного железа и роданида с образованием окрашенного в красный цвет комплексного соединения роданового железа. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации железа. Чувствительность метода 0,05 мг/л Fe.

2. Аппаратура, материалы и реактивы

- фотоэлектроколориметр КФК-3;
- колбы мерные 2 класса точности, вместимостью 50, 100 и 1000 мл;
- пипетки мерные без делений вместимостью 5, 10, 25, 50 мл;
- микробюретка;
- пробирки;
- стеклянные палочки;
- квасцы железоаммонийные;
- аммоний надсерноокислый (персульфат);
- аммоний роданистый (роданид);
- кислота соляная 1,19 г/мл.
- водорода перекись, 33 % раствор;
- вода дистиллированная.

Все реактивы, используемые для анализа, должны быть квалификации чистые для анализа (ч. д. а.).

3. Подготовка к анализу

3.1. Перекристаллизация железоаммонийных квасцов.

120 г железоаммонийных квасцов растворяют при нагревании в 100 мл дистиллированной воды, подкисленной 3–5 мл серной кислоты плотностью 1,84 г/см³ и содержащей 1 мл перекиси водорода. После растворения квасцов раствор фильтруют и охлаждают при перемешивании. Если выпадение кристаллов задерживается, то прибавляют «затравку» в

виде кристаллика чистых квасцов. Кристаллы отфильтровывают и сушат между листами бумаги. Кристаллы должны иметь аметистовый цвет. Хранят препарат в склянке и притертой пробкой.

3.2. Приготовление основного стандартного раствора железоммонийных квасцов.

0,8836 г свежеперекристаллизованных железоммонийных квасцов, взвешенных с погрешностью не более 0,0002 г, растворяют в мерной колбе вместимостью 1 л в небольшом количестве дистиллированной воды, добавляют 2 мл концентрированной соляной кислоты и доводят до метки дистиллированной водой.

3.3. Приготовление рабочего стандартного раствора железоммонийных квасцов.

Рабочий раствор готовят в день проведения анализа разбавлением основного раствора в 10 раз дистиллированной водой. 1 мл раствора содержит 0,01 мг железа.

3.4. Приготовление раствора роданистого аммония и роданистого калия.

50 г роданида, взвешенных с погрешностью не более 0,5 г, растворяют в 50 мл дистиллированной воды.

3.5. Приготовление раствора соляной кислоты плотностью 1,12 г/см³.

К 65 мл дистиллированной воды приливают 100 мл соляной кислоты плотностью 1,19 г/см³.

4. Проведение анализа

В мерную колбу вместимостью 100 мл отбирают 50 мл исследуемого раствора или меньшим объемом, содержащего по качественной пробе не более 1 мг/л железа и доводят объем до метки дистиллированной водой. Затем добавляют 1 мл соляной кислоты (плотностью 1,12 г/мл), несколько кристаллов персульфата аммония, перемешивают и добавляют 1 мл роданида калия. После перемешивания сразу же измеряют оптическую

плотность на ФЭК, применяя сине-зеленый светофильтр ($\lambda = 490\text{--}500$ нм) в кюветах с толщиной оптического слоя 2,5 или 5 см по отношению к дистиллированной воде, в которую добавлены те же реактивы.

Массовую концентрацию общего железа находят по калибровочному графику.

Для построения калибровочного графика в мерные колбы на 50 мл вносят 0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 мл рабочего стандартного раствора железоаммонийных квасцов (в 1 мл 0,01 мг железа) и доводят дистиллированной водой до метки. Получают серию растворов с массовой концентрацией железа 0,0; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 мг/л.

К стандартным растворам и раствору сравнения прибавляют 1 мл соляной кислоты плотностью 1,12 г/мл, несколько кристаллов персульфата аммония и перемешивают. Затем в раствор сравнения и стандартный раствор с массовой концентрацией железа 0,1 мг/л прибавляют по 1 мл раствора роданида калия, содержимое перемешивают и сразу же измеряют оптическую плотность в тех же условиях, что и исследуемого раствора. Затем добавляют роданид калия в следующий стандартный раствор и опять определяют оптическую плотность и т. д.

По полученным данным строят калибровочный график, откладывая по оси абсцисс массовую концентрацию железа (мг/л), а по оси ординат – соответствующие значения оптической плотности.

5. Обработка результатов

Массовую концентрацию общего железа (X) в мг/дм³ вычисляют по формуле (1.1):

$$X = \frac{c \cdot 50}{V} \quad (1.1)$$

где c – концентрация железа, найденная по калибровочному графику, мг/дм³;

V – объем пробы, взятый для определения, мл.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 25 %.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Технологическая карта урока на тему «Железо в природе.

Антропогенное загрязнение тяжелыми металлами»

Предмет: интегрированный урок биологии и химии.

Класс: 9.

УМК: А.Г. Драгомилов, «Биология» 9 класс, М. «Вентана – Граф», 2018 год; О.С. Габриелян, «Химия» 9 класс, М. «Дрофа», 2018 года.

Время проведения: 40 мин.

Тема урока (занятия): Железо в природе. Антропогенное загрязнение тяжелыми металлами.

Место данного урока (занятия) в системе уроков: Урок открытия новых знаний по теме «Металлы в природе. Охрана окружающей среды от химического загрязнения» и с использованием биологических понятий «круговорот веществ в природе», «биоиндикаторы», формируемые на уроках биологии.

Тип урока: Урок открытия новых знаний.

Цель урока (занятия): сформировать представление о роли железа в природе, его пользы и вреда для экосистем и путях его поступления.

Задачи:

Образовательные:

Биология: создать условия для формирования знаний о роли железа как микроэлемента: изучив понятия «биосфера», «биоиндикатор», «круговорот веществ в природе»; начать формирование знаний о роли железа в живых организмах и его влияния на экологическую обстановку.

Химия: формирование у обучающихся умений качественно определять ионы железа.

Межпредметные знания и умения: применять знания и умения по химии и биологии при изучении роли железа в природе его количестве и влиянии

на живые организмы, развивая понятия о «биоиндикации», «экологической обстановки» и «антропогенном загрязнении».

Развивающие: через включение школьников в решение познавательных задач развивать умения сравнивать, анализировать, обобщать, устанавливать причинно-следственные связи, строить логические рассуждения и выводы на примере изучения растений биоиндикаторов, развивать умения работать, используя ресурсы и технологии цифровой образовательной среды (ЦОС).

Воспитательные: развитие мировоззренческих представлений о единстве физико-химических и биологических процессов, происходящих в природе и в организме человека, воспитание умения контролировать и оценивать собственную деятельность и деятельность других, воспитание сознательного отношения к своему здоровью.

Планируемые результаты:

1. Личностные: принятие социальной роли обучающегося, развитие мотивов учебной деятельности и формирование личностного смысла обучения, социальных и межличностных отношений.

2. Метапредметные (УУД):

2.1. Познавательные:

2.1.1: умение определять понятия;

2.1.2: умение устанавливать аналогии;

2.1.3: умение строить логические рассуждения и делать выводы;

2.1.4: умение производить поиск информации;

2.1.5: умение анализировать и оценивать достоверность информации.

2.2. Коммуникативные:

2.2.1: готовность получать необходимую информацию;

2.2.2: умение отстаивать свою точку зрения в диалоге и в выступлении;

2.2.3: умение выдвигать гипотезу и доказательства;

2.2.4: умение продуктивно взаимодействовать со своими партнерами;

2.2.5: владение письменной речью;

2.2.6: умение определять возможные роли в совместной деятельности.

2.3. Регулятивные:

2.3.1: умение планировать и регулировать свою деятельность;

2.3.2: умение самостоятельно планировать пути достижения цели;

2.3.3: владение основами самоконтроля и самооценки.

3. Предметные: уметь оперировать понятиями «биосфера», «литосфера», «гидросфера», «экологическая обстановка», «руда», «почва», «качественная реакция», «биоиндикация», «антропогенное загрязнение».

Методы и приемы: интегрированные активные методы обучения; фронтальная работа учащихся; использование технологий ЦОС.

Используемые технологии (в т.ч. ИКТ): ИКТ технология обучения, игровые технологии.

Опорные понятия, термины: биосфера, литосфера, гидросфера, экологическая обстановка, руда, почва, качественная реакция.

Новые понятия: биоиндикация, антропогенное загрязнение.

Дидактический материал: презентация, видеоролики, разработанный электронный кейс, созданный с помощью ресурса learningapps.org.


Оборудование: компьютер, мультимедиа.

Способы контроля предметных результатов обучения: использование тестирования с помощью электронных форм, устные ответы школьников и их самооценки.


Таблица 2.1 – Технологическая карта урока

Э:тап урока (время, мин.)	Деятельность учителя	Деятельность ученика	Формируемые метапредметные результаты	Ссылка
1	2	3	4	5
1. Организа- ционный момент (1 мин)	<i>Приветствие учащихся. Проверка отсутствующих в классе.</i>	<i>Приветствие учителя.</i>	<i>Коммуникативные: 2.2.6 Регулятивные: 2.3.3</i>	
2. Актуализа- ция знаний учащихся (5 мин)	 <p>Проанализируйте картинку, представленные на слайде и предположите, что их объединяет и какова тема сегодняшнего урока. Верно, сегодня мы будем говорить о железе в природе и техногенном загрязнении природы тяжелыми металлами. Но урок у нас не обычный, а интегрированный. Сегодня мы совместим 2 предмета: химию и биологию. Давайте вспомним все то что нам необходимо для того, чтобы закрепить новые знания и систематизировать старые. Для этого предлагаю вам выполнить небольшое задание на ваших устройствах переходя по QR коду.</p>	<p><i>Учащиеся внимательно смотрят на предложенные изображения и предлагают варианты ответа. Ответ учащихся: «Железо в природе».</i></p> <p><i>Учащиеся отвечают на вопросы в интерактивной игре и вспоминают термины из химии и биологии.</i></p>	<p><i>Познавательные: 2.1.3, 2.1.5 Коммуникативные: 2.2.1 Регулятивные: 2.3.3</i></p>	

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
<p>3. Основной этап (24 мин)</p>	<p>Учитель проверяет готовность учащихся к дальнейшему взаимодействию. Обращает внимание учеников на находящиеся у них на столах схемы.</p> <p>Учитель: У вас у каждого на столах лежит рабочий лист. Давайте запишем тему сегодняшнего урока на рабочем листе.</p> <p>Обратимся к схеме, она отражает роль железа в природе, но ее необходимо дополнить в ходе нашего урока.</p>  <p>Итак, все знают, что такое пищевая цепочка, рассмотрим это понятие на следующем примере.</p> <p>На поле вырос колос, его употребил растительноядный организм, например, полевая мышь, мышь может стать жертвой для какого-либо хищника, например, для ушастой совы. Так образовалась пищевая цепь, но, если рассмотреть, как в таких пищевых цепочках будут путешествовать химические элементы. В нашем случае рассмотри на примере железа.</p>	<p>Обращают внимание на слова учителя, заполняют индивидуальные карточки по мере продвижения урока.</p> <p>Параллельно с объяснением учителя заполняют схему.</p>	<p>Познавательные: 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4, 2.1.5</p> <p>Коммуникативные: 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4, 2.2.4</p> <p>Регулятивные: 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3</p>	


Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
	<p>На той почве на которой произрастает уже упомянутый нами колос содержатся различные химические элементы в том числе и железо, которое необходимо для нормальной жизни растения, вместе с растением Полевая мышь употребляет в пищу и все те элементы, которые содержались в этом растении, теперь железо аккумулируется в организме мыши и входит в состав гемоглобина – сложного белка служащего основным компонентом эритроцитов. После того как мышь стала жертвой хищника, железо которое входило в состав гемоглобина мыши усвоится организмом хищника и станет так же частью нового гемоглобина, но уже в организме хищника. После гибели любого организма из этой пищевой цепи, их тела так или иначе упадут на землю, где начнут разлагаться и в процессе разложения железосодержащие вещества будут превращаться в минеральные и железо вернется в почву, после чего другие растения, произрастающие на этой почве, смогут вновь его всасывать и получается, что железо, в этой экосистеме путешествует по замкнутому кругу, такой круговорот веществ называется замкнутым.</p> 	<p><i>Продолжают заполнять схему.</i></p>		


Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
	<p>После объяснения учитель вместе с учащимися проверяет правильность заполнения схемы.</p> <p>Для заполнения второй и третьей «стрелки выноски» вам необходимо внимательно прочитать текст (см. Приложение 2) и выделить из текста главную мысль и записать ее в стрелку выноски по аналогии с прошлым заданием.</p> <p>Учитель подводит итог работы и вместе с учащимися проверяет правильность заполнения схемы.</p> <p>Ребята вы большие молодцы, но нам предстоит выяснить как же все-таки связаны эти процессы и для чего нам нужно знать о роли железа в природе.</p> <p>Исходя из проделанной совместной работы, вы не могли не заметить термин, который связывает круговорот железа в природе. Что это за термин?</p> <p>Верно, это почва и руда в ней. Так как мы с вами живем в промышленном городе, мы с вами не понаслышке знаем, как человек использует руду и с какими последствиями может столкнуться при этом человек. Можете привести примеры?</p> <p>Да действительно, металлургические производства оставляют негативный отпечаток на экологической обстановке, а как вы считаете каким образом металлургия может вредить окружающей среде кроме тех факторов которые вы уже назвали?</p>	<p>Отвечают: руда, почва.</p> <p>Отвечают: смог, кислотные дожди, окрашенная почва.</p>		


Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
	<p>Верно, нарушается естественный круговорот железа, и мы можем говорить о антропогенных факторах попадания железа в те экосистемы, которые не предполагают такого его количества. Какие же это могут быть факторы? Для того чтобы это узнать необходимо посмотреть видеоролик.</p> <p>Исходя из того, что вы услышали предлагаю записать эти антропогенные факторы в нашу схему и подумать, как же человек может контролировать количество этого металла в городской среде.</p> <p>Учитель вместе с учащимися проверяет правильность заполнения схемы.</p> <p>Да действительно очевидным будет ответ о измерении показателей железа напрямую в почве и воде. Но если воду человек может употреблять сразу пусть и очищая ее от органических примесей, почву в пищу человек не употребляет, значит мы можем измерять количество железа в растениях, которые произрастают на этих почвах. Такие растения называются обобщенным термином «биоиндикаторы», с их помощью экологи могут оценить состояние экосистемы проводя биомониторинг. Давайте и мы попробуем определить наличие железа в растениях.</p> <p><i>Учитель демонстрирует эксперимент качественной реакции на ионы железа с красной кровяной солью на золе листьев растений, произрастающих в городской среде и собранных из разных районов города.</i></p>	<p>Отвечают: Железо забирают из почвы и перевозят на производства.</p> <p><i>Смотрят видеоролик и дополняют схему.</i></p> <p><i>Ответ: измерить количество железа в почве и воде</i></p>		<p>https://www.youtube.com/watch?v=WwU_jtMoxDU</p> 

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
	<p>Обратите внимание на раздаточный материал (приложение 2) это список районов города Челябинска и перечень тех производств, которые находятся в каждом из них, так же вы увидите диаграмму, которая была сделана по результатам собранных в различных районах города. Ваша задача определить зависимость содержания железа в пробах растений, произрастающих в разных районах города и оценить антропогенную нагрузку на каждый по пятибалльной шкале. Где 5 – нагрузка очень высокая, 4 – высокая нагрузка, 3 – умеренная нагрузка, 2 – сниженная нагрузка, 1 – нагрузка отсутствует. За контрольную точку была взята проба, собранная за городом ее принимать за 1. ПДК в среднем содержание железа в растениях составляет 0,02–0,08 мг/кг сухой массы).</p> <p><i>Результат:</i> пробы окрашиваются в синий цвет разной интенсивности.</p> <p>Ребята, мы с вами выяснили в каких районах нашего города наиболее выражена антропогенная нагрузка на растения, а значит и на экологическую обстановку, но давайте зададимся вопросом чем же нам с вами грозит большое количество железа?</p> <p>А теперь поинтересуемся у врачей нашего региона чем же опасен избыток железа в организме человека. И дополним наш перечень экологических проблем связанных с антропогенными факторами влияющих на круговорот железа в природе.</p>	<p><i>По окончании эксперимента делают вывод о том, что есть прямая зависимость интенсивности окрашивания от количества предприятий находящихся в пределах района, а значит и об экологической обстановке этого района по сравнению с другими.</i></p> <p><i>Учащиеся предлагают свои варианты ответа, основываясь на знаниях химии, биологии и физики.</i></p>		<p>https://www.youtube.com/watch?v=t-51dV3xvBE</p> 

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5
<p>4. Обобщение и систематизация полученных ранее знаний (5 мин)</p>	<p><i>Учитель проверяет заполнение рабочих листов.</i></p> <p>Вы все большие молодцы и отлично справились с новой темой! Теперь давайте немного закрепим полученную информацию.</p> <p>Для этого с помощью ваших гаджетов переходите по QR коду и проходите интерактивное задание (см. Приложение 1)</p>		<p><i>Познавательные:</i> 2.1.3, 2.1.5 <i>Коммуникативные:</i> 2.2.2, 2.2.4, 2.2.5 <i>Регулятивные:</i> 2.3.2, 2.3.3</p>	
<p>5. Подведение итогов (5 мин)</p>	<p><i>Учитель подводит итоги урока, используя вопросы:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что нового мы узнали на уроке? 2. Помогли ли знания химии вам в изучении биологии? 3. Чему бы вы хотели научиться еще? 4. Для людей каких профессий необходимы полученные знания? <p><i>Раздает каждому ученикам карточку для рефлексии по уроку. См. Приложение 3</i></p>	<p><i>Ученики отвечают на вопросы и оценивают свою работу на уроке.</i></p>	<p><i>Познавательные:</i> 2.1.3 <i>Коммуникативные:</i> 2.2.5 <i>Регулятивные:</i> 2.3.3</p>	

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Дидактические материалы к уроку «Железо в природе. Антропогенное загрязнение тяжелыми металлами»

Приложение к уроку №1

Задания, используемые на уроке:

1. Определение темы урока с помощью рисунка 3.1.



Рисунок 3.1 – Задание на определение темы урока

2. Актуализация знаний с использованием задания размещенного на электронном ресурсе <https://learningapps.org/display?v=p6hoz53323>. (рис. 3.2).

3. Систематизация знаний с использованием материалов размещенных на электронном ресурсе <https://learningapps.org/display?v=prsskoih223>. (рис. 3.3).

LearningApps.org

Поиск Все упражнения Новое упражнение Создать коллекцию Вход

Понятий аппарат метапредметного занятия 2023-04-19 (2023-04-18)

Задание
Соотнесите термин с его понятием.
OK

Литосфера Руда реакции, позволяющие идентифицировать твёрдая почка Земли. Экосистем оболочка Земли, заселенная живыми организмами, находящаяся под их воздействием и занятая продуктами их жизнедеятельности

Биосфера система незамкнутых необратимых круговоротов веществ в биотической (биосфера) и абиотической среде

это любой вид или группа видов, функция, популяция или статус которых могут выявить качественное состояние окружающей среды

класс химических веществ, объединяющий почти все химические соединения, в состав которых входят атомы углерода, связанные с атомами других химических элементов

степень прямого или косвенного воздействия людей и хозяйства на природу в целом или на экологическую обстановку

Органические вещества

погенная ружка

вид полезных ископаемых, природное минеральное образование, содержащее соединения полезных компонентов

это любая совокупность живых организмов и среды их обитания, в которой осуществляется общий обмен веществ и энергии.

Создать подобное упражнение Сохранить в "Моих упражнениях"



Рисунок 3.2 – Вид экрана на задание по актуализации знаний

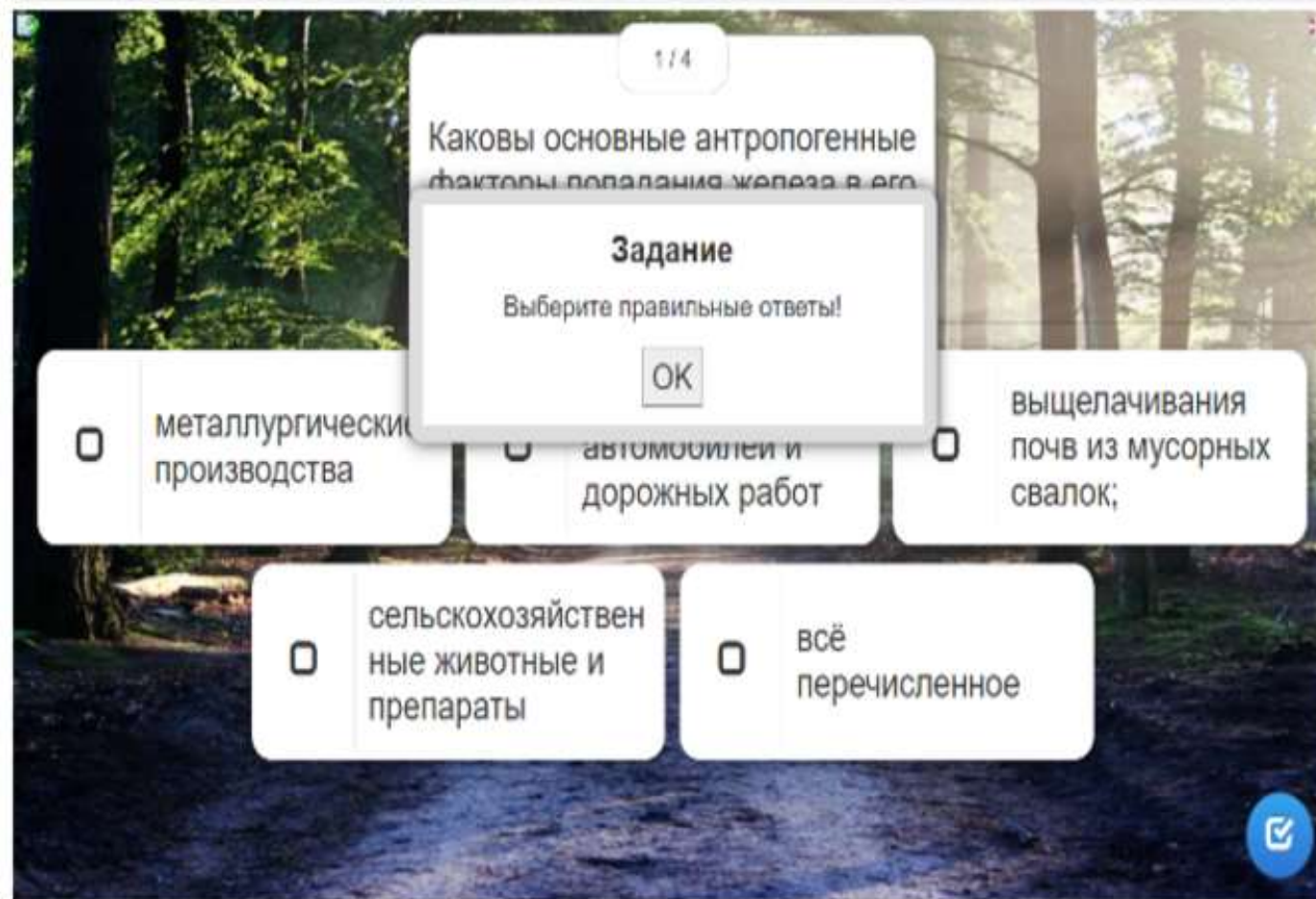


Рисунок 3.3 – Вид экрана на задание по закреплению пройденного материала

РАБОЧИЙ ЛИСТ К УРОКУ

Тема урока _____

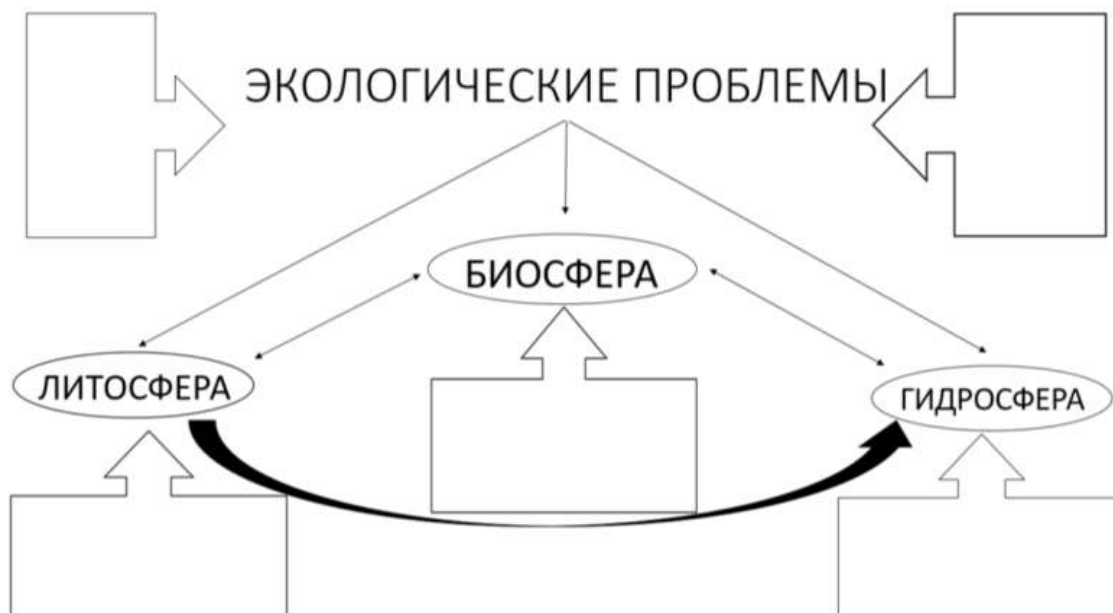


Рисунок 3.4 – Схема опорного конспекта



Рисунок 3.5 – Пример заполнения опорного конспекта

Задание 1. Прочтите текст, выделите главную мысль и тезисно дополните свободные окошки схемы.

Железо в литосфере

По содержанию в литосфере (4,65 % по массе) железо занимает второе место среди металлов (на первом алюминий). Оно энергично мигрирует в земной коре, образуя около 300 минералов (оксиды, сульфиды, силикаты, карбонаты, титанаты, фосфаты и т. д.). Железо принимает активное участие в магматических, гидротермальных и гипергенных процессах, с которыми связано образование различных типов его месторождений. Железо - металл земных глубин, оно накапливается на ранних этапах кристаллизации магмы, в ультраосновных (9,85 %) и основных (8,56 %) породах (в гранитах его всего 2,7 %). В биосфере железо накапливается во многих морских и континентальных осадках, образуя осадочные руды. Особенность железа — наличие у него нескольких степеней окисления. Железо в нейтральной форме — металлическое — слагает ядро земли, возможно, присутствует в мантии и очень редко встречается в земной коре. Закисное железо FeO — основная форма нахождения железа в мантии и земной коре. Окисное железо Fe₂O₃ характерно для самых верхних, наиболее окисленных, частей земной коры, в частности, осадочных пород.

Известно большое число руд и минералов, содержащих железо. Наибольшее практическое значение имеют красный железняк (гематит, Fe₂O₃; содержит до 70 % Fe), магнитный железняк (магнетит, Fe²⁺Fe³⁺₂O₄, Fe₃O₄; содержит 72,4 % Fe), бурый железняк или лимонит (гётит и гидрогётит, соответственно FeO(OH) и FeO(OH)·nH₂O), а также шпатовый железняк (сидерит, карбонат железа (II), FeCO₃; содержит около 48 % Fe). Гётит и гидрогётит чаще всего встречаются в корах выветривания, образуя так называемые «железные шляпы», мощность которых достигает

несколько сотен метров. Также они могут иметь осадочное происхождение, выпадая из коллоидных растворов в озёрах или прибрежных зонах морей. При этом образуются оолитовые, или бобовые, железные руды. В них часто встречается вивианит $\text{Fe}(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, образующий чёрные удлинённые кристаллы и радиально-лучистые агрегаты.

В природе также широко распространены сульфиды железа — пирит FeS_2 (серный или железный колчедан) и пирротин. Они не являются железной рудой — пирит используют для получения серной кислоты, а пирротин часто содержит никель и кобальт.

Железо в гидросфере

Главными источниками соединений железа в поверхностных водах являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением. В процессе взаимодействия с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами образуется сложный комплекс соединений железа, находящихся в воде в растворённом, коллоидном и взвешенном состояниях. Значительные количества железа поступают с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и сельскохозяйственными стоками.

Фазовые равновесия зависят от химического состава вод, pH, Eh (окислительно-восстановительного потенциала) и в некоторой степени от температуры. В рутинном анализе во взвешенную форму выделяются частицы размером более 0,45 мкм. Она представлена преимущественно железосодержащими минералами, гидратом оксида железа и соединениями железа, сорбированными на взвесах. Истинно растворённую и коллоидную формы обычно рассматривают совместно. Растворённое железо представлено соединениями, находящимися в ионной форме в

виде гидрокс комплексов и комплексов с растворенными неорганическими и органическими веществами природных вод. В ионной форме мигрируют главным образом Fe (II), а Fe (III) в отсутствие комплексообразующих веществ не может в значительных количествах находиться в растворенном состоянии.

Железо обнаруживается в основном в водах с низкими значениями Eh.

В результате химического и биохимического (при участии железобактерий) окисления Fe(II) переходит в Fe(III), которое, гидролизуясь, выпадает в осадок в виде Fe(OH)₃ как для Fe (II), так и для Fe (III) характерна склонность к образованию гидрооксокомплексов типа [Fe(OH)₂]⁺, [Fe₂(OH)₂]⁴⁺, [Fe₂(OH)₃]³⁺, [Fe(OH)₃]⁻ и других, сосуществующих в растворе в разных концентрациях в зависимости от pH и в целом определяющих состояние системы железо-гидроксил. Основной формой нахождения Fe (III) в поверхностных водах являются его комплексные соединения с растворенными неорганическими и органическими соединениями, главным образом гумусовыми веществами. При pH 8,0 основной формой является Fe(OH)₃. Коллоидная форма железа наименее изучена, она представляет гидрат оксида Fe(OH)₃ и комплексы с органическими веществами.

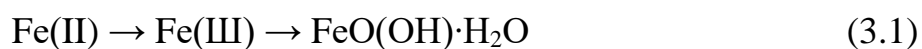
Содержание железа в поверхностных водах суши составляет десятые доли мг в 1 дм³, вблизи болот – единицы миллиграммов в 1 дм³. Повышенное содержание железа наблюдается в болотных водах, в которых оно находится в виде комплексов с солями гуминовых кислот – гуматами. Наибольшие концентрации железа (до нескольких десятков и сотен миллиграммов в 1 дм³) наблюдаются в подземных водах с низкими значениями pH.

Содержание железа в воде выше 1–2 мг Fe /дм³ значительно ухудшает органолептические свойства, придавая ей неприятный вяжущий

вкус, и делает воду малоприспособленной для использования в технических целях.

ПДК железа составляет 0,3 мг Fe /дм³ (лимитирующий показатель вредности – органолептический), ПДК – 0,1 мг /дм³ (лимитирующий показатель вредности – токсикологический).

При pH>3,5 железо (II) существует в водном растворе только в виде комплекса, постепенно переходящего в гидроксид. При pH>8 железо (II) тоже существует в виде аквакомплекса, претерпевая окисление через стадию образования железа (III), протекающее по схеме (3.1):



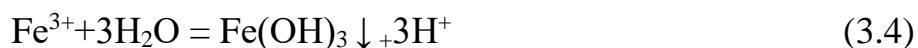
В качестве примера сложных превращений железа в разных его формах, присутствующих иногда в природных водах, приведем уравнения реакций, протекающих в болотных водах и объясняющих часто встречающийся красный цвет воды (феномен «красных рек»). В условиях пониженного значения pH, характерного для болотных вод, протекают окислительные реакции с участием растворенного кислорода. В частности, встречающийся в природе практически нерастворимый в воде дисульфид железа (минерал пирит) окисляется до сульфата железа (II), протекающее по ионному уравнению (3.2):



Далее, также под воздействием кислорода, протекает окисление сульфата железа (II) по ионному уравнению (3.3):



Заключительной стадией процесса является реакция гидролиза, приводящая к образованию красно-бурого осадка гидроксида железа (III), протекающее по ионному уравнению (3.4):



Железо в биосфере

Большую роль железо играет в биосфере, так как атом железа входит в состав гемоглобина - белка красных клеток крови у высших организмов (рис.3.6). Гемоглобин участвует в доставке кислорода к тканям и клеткам. Организм не вырабатывает железо самостоятельно, человек получает 1–2 мг этого элемента вместе с пищей. Примерно столько же каждый из нас теряет с ороговевшими клетками кожи и кишечника. Железо — важный компонент гемоглобина, состоящего из красных кровяных телец (эритроцитов). Гемоглобин содержит около двух третей железа в организме. Он соединяется с кислородом, а эритроциты разносят его из легких по всему телу, этот процесс можно наблюдать с помощью рис. 3.7. Железо также входит во многие элементы, отвечающие за холестериновый обмен, переработку калорий в энергию, борьбу с токсинами. Именно благодаря железу со своими функциями лучше справляется иммунная система, а эритроциты с его помощью отправляют углекислый газ в легкие для переработки.

Железо является микроэлементом, в который усваивается растениями самом большом количестве. Железо является функциональной составляющей, частью ферментативных систем растений. Особенно важна его роль в окислительном и энергетическом обменах, а также в образовании хлорофилла. Поэтому органические соединения, в состав которых входит железо, прежде всего, необходимы растениям для протекания биохимических процессов, происходящих во время дыхания и фотосинтеза. Таким образом, в биохимии растений железу отводится одна из ключевых ролей, поскольку:

- процессы образования хлорофилла проходят при участии железа;
- при фотосинтезе, органические комплексы железа принимают участие в перенесении электронов;
- негемовые железосодержащие белки принимают участие в восстановлении нитритов и сульфатов.

С.Н. Виноградский впервые выделил и описал микробов, живущих в водной среде и почве и использующих для осуществления питания энергию света. Для этого они используют способ окисления неорганических соединений железа. Железобактериям не требуется органического вещества, и энергию для жизнедеятельности они добывают из энергии химических связей: микроорганизмы переводят закисное железо Fe^{2+} в окисное Fe^{3+} , после чего аккумулируют железо в слизях и капсулах. Даже при незначительном количестве (менее 0.3 мг/л) в воде клетки микроорганизмов активно аккумулируют железо Fe^{2+} .

Железобактерии условно можно разделить на две группы:

- не использующие энергию, выделенную при окислении железа, для жизни. Это нитчатые железобактерии и свободноживущие одноклеточные микоплазмы.
- получающие энергию в результате окисления железа ацидофильные железобактерии.



Рисунок 3.6 – Строение гема входящего в состав гемоглобина

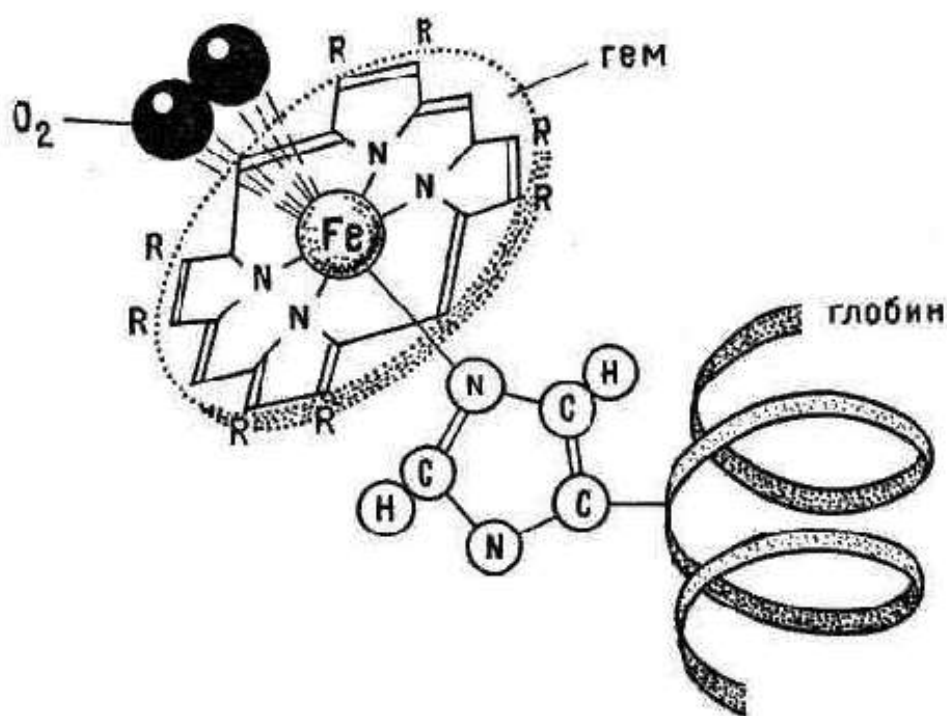


Рисунок 3.7 – Связывание гемоглобина с кислородом

Задание 2. Определить зависимость содержания железа в пробах растений, произрастающих в разных районах города и оценить антропогенную нагрузку используя таблицу 3.1 и диаграмму 3.8.

Таблица 3.1 – Размещение предприятий г. Челябинска

Район	Предприятия
1	2
Центральный	К центральному району относятся: самый большой парк (им. Гагарина), городские пляжи на оз. Шершни и самый экологически чистый жилой район – Тополиная аллея. К еще одному плюсу района можно отнести хорошо развитую транспортную систему, но с другой стороны, это может являться и недостатком – постоянно заполненные до отказа парковки и большой объем выброса выхлопных газов от автотранспорта.

Окончание таблицы 3.1

1	2
Советский	В настоящее время район занимает пятую часть города Челябинск. Советский район называют самым «поселковым» из районов города. Его называют «созвездием поселков» (Исаково, Новосинеглазовский, Смолинский, Федоровка, Сосновка, АМЗ, Локомотивный, Маяковского, им. Урицкого, им. Дмитрия Донского, Таловка, станция Шершни и др.), в нем практически отсутствуют крупные дорожные развязки
Ленинский	На территории района расположено много стационарных источников загрязнения воздуха. К основным таким источникам относится ЧТПЗ, ТЭЦ-1, ЧКПЗ. Также сильно загрязнено оз. Смолино, где превышено содержание тяжелых металлов и других вредных веществ
Металлургический	В районе сконцентрировано почти 30 % промышленного потенциала города: ПАО «Мечел», ПАО «Челябинский металлургический комбинат», ОАО «Челябинский электродный завод», ОАО «Уралавтоприцеп», «Теплоприбор», АООТ «Кемма», ЗАО «Мечелстрой» и др., почти 700 предприятий малого предпринимательства
Калининский	В отличие от других районов, он резко поделен на промышленную и жилую зону. На его территории расположены: Челябинская ГРЭС, Челябинский абразивный завод и Челябинский электрометаллургический комбинат
Курчатовский	На территории района находятся крупнейшие предприятия ОАО «Челябинский цинковый завод», ОАО «Челябвтормед», ЗАО обувная фирма «Юничел», ОАО «Хлебпром», промышленная группа «Метран», Челябинский электровозо-ремонтный завод и др. Кроме того, Курчатовский район является одной из ведущих строительных площадок города..
Тракторозаводский	На территории района находится более 20 предприятий машиностроения, оборонной, легкой и пищевой промышленности, в том числе ОАО «Челябинский тракторный завод», СКБ «Турбина», ООО Студия Машин, ОАО «Автомеханический завод», ЗАО «Росси», ТЭЦ -2, ТЭЦ-3

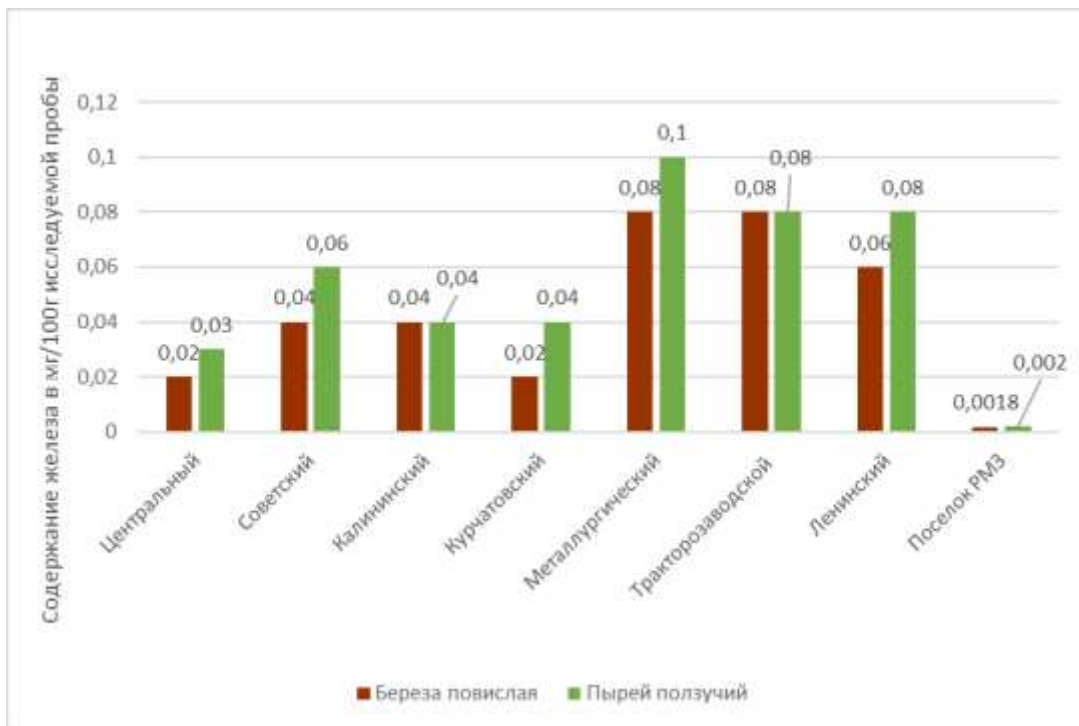
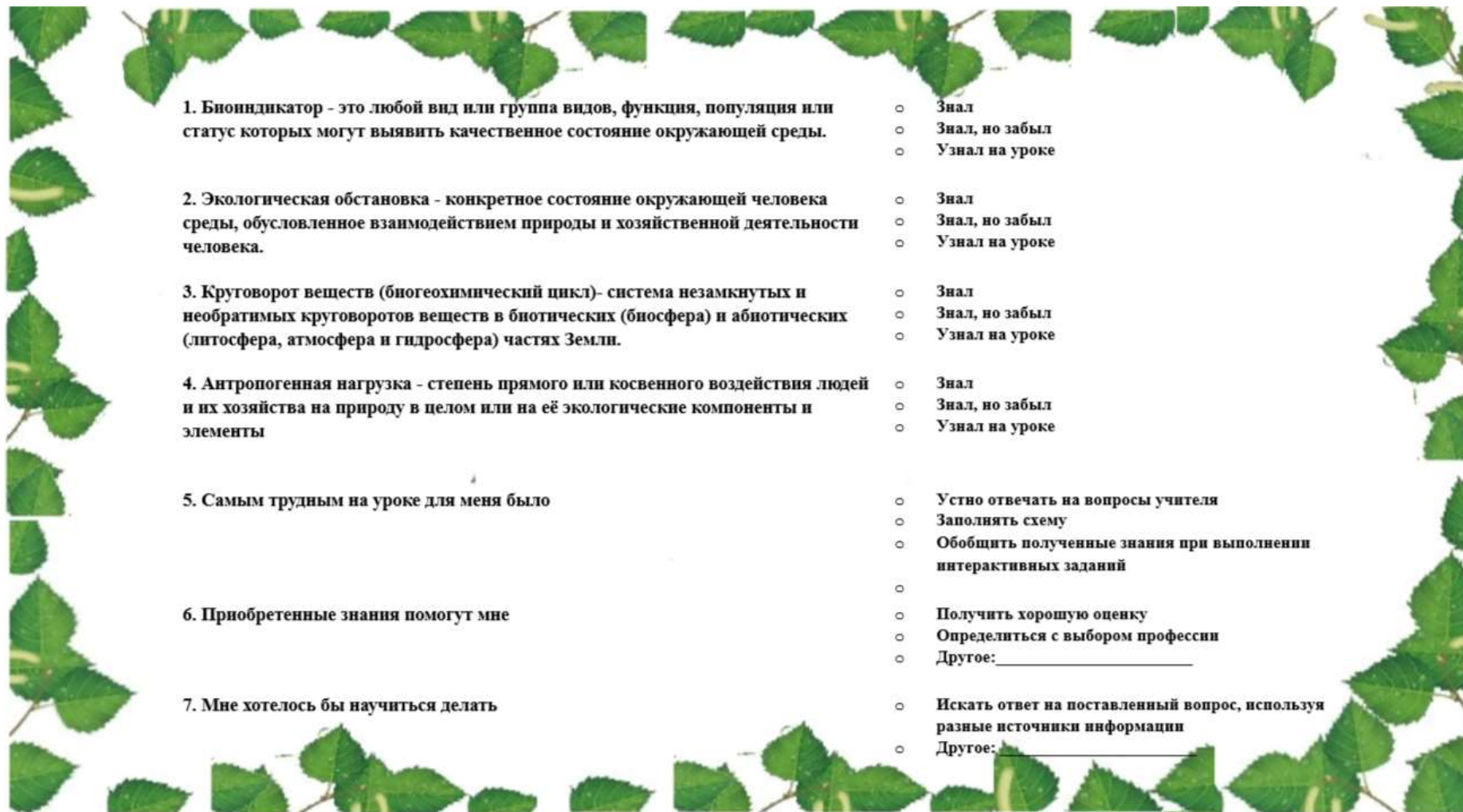


Рисунок 3.8 – Диаграмма к заданию на определение района с наибольшей антропогенной нагрузкой

Приложение к уроку №3



1. Биоиндикатор - это любой вид или группа видов, функция, популяция или статус которых могут выявить качественное состояние окружающей среды.

- Знал
- Знал, но забыл
- Узнал на уроке

2. Экологическая обстановка - конкретное состояние окружающей человека среды, обусловленное взаимодействием природы и хозяйственной деятельности человека.

- Знал
- Знал, но забыл
- Узнал на уроке

3. Круговорот веществ (биогеохимический цикл)- система незамкнутых и необратимых круговоротов веществ в биотических (биосфера) и абиотических (литосфера, атмосфера и гидросфера) частях Земли.

- Знал
- Знал, но забыл
- Узнал на уроке

4. Антропогенная нагрузка - степень прямого или косвенного воздействия людей и их хозяйства на природу в целом или на её экологические компоненты и элементы

- Знал
- Знал, но забыл
- Узнал на уроке

5. Самым трудным на уроке для меня было

- Устно отвечать на вопросы учителя
- Заполнять схему
- Обобщить полученные знания при выполнении интерактивных заданий
-

6. Приобретенные знания помогут мне

- Получить хорошую оценку
- Определиться с выбором профессии
- Другое: _____

7. Мне хотелось бы научиться делать

- Искать ответ на поставленный вопрос, используя разные источники информации
- Другое: _____

Рисунок 3.9 – Индивидуальный лист рефлексии