



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

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННОГО И МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАФЕДРА ГЕОГРАФИИ, БИОЛОГИИ И ХИМИИ

Расширение представлений о тяжелых металлах в рамках
исследовательской деятельности обучающихся

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:
93,42 % авторского текста

Выполнила:
Студентка группы ОФ-523/068-5-1
Караваева Виктория Валерьевна

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

« 15 » 05 2026 г.

И.о. зав. кафедрой географии, биологии и
химии

(название кафедры)

 Малаев А.В.

Научный руководитель:
канд. хим. наук, доцент

 Сутягин Андрей Александрович

Челябинск
2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ ОБЩЕМ ОБРАЗОВАНИИ.....	8
1.1 Проблема изучения тяжелых металлов в контексте экологизации химического образования в России	8
1.2 Место и роль исследовательской деятельности в развитии научного мировоззрения учащихся	17
Выводы по первой главе.....	23
ГЛАВА 2. ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛУБЛЕННЫХ ЗНАНИЙ О МЕТАЛЛАХ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ХИМИИ.....	25
2.1 Структурирование учебного материала о тяжелых металлах для исследовательской работы	25
2.2 Методика организации химико-экологических проектов на базе школьных лабораторий	29
Выводы по второй главе.....	35
ГЛАВА 3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛИ РАСШИРЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ УЧАЩИХСЯ	37
3.1 Опыт внедрения методических разработок по изучению тяжелых металлов в образовательный процесс	37
3.2 Верификация результатов исследования и динамика развития познавательного интереса обучающихся	46
Выводы по третьей главе	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	56
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Тест для оценки уровня представлений о тяжелых металлах	62
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Эталон ответов и критерии оценивания к тесту «Уровень представлений о тяжелых металлах»	66
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Результаты тестирования по теме «Тяжелые металлы»	68

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Диагностика познавательного интереса к изучению темы «Тяжелые металлы»	73
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 Динамика познавательного интереса обучающихся	75
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 Статистическая обработка результатов тестирования (U - критерий Манна-Уитни)	80

ВВЕДЕНИЕ

Проблема расширения представлений о тяжелых металлах тесно связана с необходимостью трансформации образовательного процесса в направлении активизации познавательной деятельности обучающихся через включение их в реальную научно-исследовательскую работу, развития у них экологической культуры и экологического мышления. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования акцентирует внимание на развитии универсальных учебных действий, среди которых исследовательские умения занимают центральное место. Однако существующая практика преподавания химии демонстрирует дефицит методических разработок, позволяющих органично интегрировать изучение тяжелых металлов в исследовательскую деятельность обучающихся на базе школьных лабораторий с использованием доступного оборудования и безопасных методик.

Актуальность темы исследования обусловлена стремительным развитием экологического направления в современном химическом образовании, где вопросы техногенного загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами приобретают особую остроту. В условиях нарастающей антропогенной нагрузки на природные экосистемы формирование у обучающихся целостных, научно обоснованных представлений о свойствах, распространении и экологической опасности тяжелых металлов становится важнейшей задачей педагогической науки и практики. Традиционные подходы к изучению данной темы в школьном курсе химии зачастую ограничиваются формальным знакомством с основными характеристиками элементов, не затрагивая глубинных механизмов их воздействия на живые организмы и не формируя исследовательских компетенций, необходимых для критического осмысления экологических проблем современности.

Анализ современного состояния педагогической науки показывает, что исследовательская деятельность рассматривается как эффективный инструмент формирования научного мировоззрения, критического мышления и экологической культуры личности. Работы отечественных педагогов и методистов раскрывают различные аспекты организации учебно-исследовательской работы школьников в области естественных наук, однако специфика изучения тяжелых металлов через призму экологической проблематики остается недостаточно разработанной. Существует противоречие между объективной необходимостью углубленного изучения данной темы и ограниченностью методического инструментария, позволяющего реализовать это в условиях общеобразовательной школы. Преодоление данного противоречия требует создания целостной педагогической модели, объединяющей содержательные, организационные и технологические компоненты образовательного процесса.

Степень научной разработанности проблемы характеризуется наличием фундаментальных исследований в области теории и методики обучения химии, психологии познавательной деятельности, организации исследовательской работы школьников. Вместе с тем отсутствует системное понимание механизмов педагогического воздействия, обеспечивающих эффективное расширение представлений обучающихся о тяжелых металлах именно через исследовательскую деятельность. Актуальность данного исследования определяется также требованиями профессионального стандарта «Педагог», предписывающего учителю владение современными образовательными технологиями, в том числе исследовательского обучения, и способностью организовывать проектную деятельность обучающихся в предметной области.

Цель исследования: теоретически обосновать и экспериментально проверить эффективность методов и приемов, направленных на развитие представлений о тяжелых металлах в рамках исследовательской

деятельности обучающихся педагогической модели расширения представлений о тяжелых металлах в рамках исследовательской деятельности обучающихся в процессе изучения школьного курса химии.

Задачи исследования:

1. Проанализировать концептуальные подходы к изучению тяжелых металлов в контексте экологизации химического образования и определить место исследовательской деятельности в развитии научного мировоззрения обучающихся.

2. Разработать структуру учебного материала о тяжелых металлах для организации исследовательской работы и обосновать методику реализации химико-экологических исследовательских проектов и работ на базе школьной лаборатории.

3. Апробировать методические разработки по изучению тяжелых металлов в исследовательской деятельности и верифицировать результаты исследования через оценку динамики развития познавательного интереса обучающихся.

Объект исследования: процесс организации исследовательской деятельности в основной и средней школе.

Предмет исследования: педагогические условия и методы расширения представлений обучающихся о тяжелых металлах посредством организации исследовательской деятельности.

Теоретико-методологическую основу исследования составили:

- системно-деятельностный подход к организации образовательного процесса,
- концепции развивающего обучения и формирования исследовательских компетенций,
- теория и методика обучения химии в общеобразовательной школе,
- современные представления об экологизации химического образования,

– психолого-педагогические теории формирования познавательного интереса.

Методы исследования, применяемые в работе, включают анализ литературы, наблюдение за деятельностью обучающихся и экспериментальное внедрение дидактических материалов в обучение.

Нормативно-правовую базу исследования составили Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ, Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования, Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)», Концепция развития химического и биологического образования в Российской Федерации, санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях.

Структура выпускной квалификационной работы состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы. В заключении сформулированы основные выводы и практические рекомендации по результатам исследования.

ГЛАВА 1. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ ОБЩЕМ ОБРАЗОВАНИИ

1.1 Проблема изучения тяжелых металлов в контексте экологизации химического образования в России

Экологизация химического образования представляет собой объективный процесс трансформации содержания, методов и форм обучения химии в направлении формирования целостного представления о взаимодействии человека и природы, о роли химических веществ и процессов в функционировании экосистем и влиянии антропогенной деятельности на состояние окружающей среды. В современных условиях нарастающего экологического кризиса, проявляющегося в загрязнении атмосферы, гидросферы и литосферы токсичными соединениями, деградации почв и утрате биологического разнообразия, экологическая направленность химического образования становится не просто желательным дополнением к традиционному курсу, а необходимым условием формирования экологически грамотной, ответственной личности, способной к осознанному природосберегающему поведению. Именно поэтому тяжелые металлы как одна из наиболее опасных групп загрязнителей окружающей среды должны занимать центральное место в системе экологизированного химического образования [4].

Экологизация химического образования представляет собой объективный процесс трансформации содержания, методов и форм обучения химии в направлении формирования целостного представления о взаимодействии человека и природы, о роли химических веществ и процессов в функционировании экосистем и влиянии антропогенной деятельности на состояние окружающей среды. В современных условиях нарастающего экологического кризиса, проявляющегося в загрязнении атмосферы, гидросферы и литосферы токсичными соединениями,

деградации почв и утрате биологического разнообразия, экологическая направленность химического образования становится не просто желательным дополнением к традиционному курсу, а необходимым условием формирования экологически грамотной, ответственной личности, способной к осознанному природосберегающему поведению. Именно поэтому тяжелые металлы как одна из наиболее опасных групп загрязнителей окружающей среды должны занимать центральное место в системе экологизированного химического образования [4].

Понятие «тяжелые металлы» в научной литературе трактуется неоднозначно. С химической точки зрения к тяжелым металлам относят элементы с плотностью более 5 г/см³, однако экологический подход акцентирует внимание не столько на физических характеристиках, сколько на способности металлов накапливаться в живых организмах, проявлять токсические свойства даже в малых концентрациях и вызывать отдаленные последствия для здоровья человека и состояния экосистем. К числу наиболее значимых с экологической точки зрения тяжелых металлов относятся железо, свинец, ртуть, кадмий, медь, цинк, никель, хром, мышьяк. Именно эти элементы и их соединения в первую очередь должны стать объектами изучения в рамках экологизированного школьного курса химии. Специфика тяжелых металлов заключается в их способности к биоаккумуляции — постепенному накоплению в тканях живых организмов по мере продвижения по трофическим цепям, что приводит к существенному увеличению концентрации токсикантов на верхних уровнях экологических пирамид.

Поступление тяжелых металлов в окружающую среду определяется как природными процессами, так и деятельностью человека. К естественным каналам относятся вулканические выбросы, выветривание и разрушение горных пород, а также природные пожары, при которых элементы переходят в воздух, воду и почву. Однако наибольший масштаб загрязнения связан с техногенными потоками: его создают предприятия

металлургического, химического и иных профилей, транспортные выбросы, применение удобрений и пестицидов, сжигание топлива и отходов, добыча и переработка минерального сырья. Именно поэтому антропогенное рассеивание металлов давно перестало быть местной проблемой. Следы таких загрязнителей обнаруживаются далеко от источников эмиссии, включая районы Антарктиды, а также в пищевых продуктах и природных объектах, которые долго считались мало затронутыми. В разных исследованиях в этой связи упоминаются свинец, ртуть и кадмий [12]. При изучении темы важно подвести обучающихся к выводу, что данный экологический риск относится не к отдельным регионам или профессиональным группам, а затрагивает население в целом.

Токсичность тяжелых металлов обусловлена их способностью вмешиваться в ключевые биохимические процессы клетки. Ионы этих элементов взаимодействуют с белками и другими жизненно важными молекулами, связываясь, в частности, с функциональными группами ферментов, вследствие чего снижается скорость ферментативных реакций и нарушается обмен веществ. Для отдельных металлов характерны свои наиболее опасные эффекты. Так, свинец изменяет минеральный обмен в костной ткани и особенно тяжело действует на нервную систему детей. Органические соединения, содержащие ртуть, обладают выраженной нейротоксичностью и могут вызывать тяжелые, необратимые поражения головного мозга. Для кадмия типично накопление во внутренних органах; с ним связывают повреждение костной системы, опухолевые процессы, а также нарушения онтогенеза и генетического аппарата. Обсуждение этих механизмов на уроках химии позволяет соединять сведения биологии, экологии и медицины, формируя у школьников более целостное понимание природных связей [18].

Экологизация химического образования как педагогический процесс базируется на ряде методологических принципов. Принцип научности предполагает опору на современные достижения химической науки,

экологии, токсикологии при отборе содержания учебного материала о тяжелых металлах, использование корректной терминологии, адекватных моделей и объяснений. Принцип системности требует рассмотрения тяжелых металлов не изолированно, а в контексте функционирования природных и антропогенных систем, выявления причинно-следственных связей между промышленной деятельностью, загрязнением окружающей среды и состоянием здоровья населения. Принцип практической направленности ориентирует на формирование у обучающихся готовности применять полученные знания для решения реальных экологических проблем, принятия обоснованных решений в повседневной жизни. Принцип региональности предполагает учет специфики экологической ситуации конкретного региона, изучение локальных источников загрязнения тяжелыми металлами, анализ данных экологического мониторинга, что способствует повышению личностной значимости изучаемого материала для учащихся [24].

В действующих образовательных стандартах основного и среднего общего образования уже заложены условия, позволяющие включать экологическое содержание в курс химии [7]. От учащихся требуется не только усвоение базовых представлений о веществах и их превращениях, но и понимание места химии в научной картине мира, а также связи химических объектов с качеством окружающей среды. Вместе с тем загрязнение тяжелыми металлами как самостоятельный предмет изучения в этих документах не выделено. Поэтому наполнение темы, подбор примеров и глубина обсуждения в значительной мере зависят от учителя. Такая вариативность открывает методические возможности, однако на практике нередко приводит к фрагментарному рассмотрению вопроса. В примерных программах действительно изучаются металлы различных групп периодической системы, их свойства и области применения, но экологический аспект чаще ограничивается краткими упоминаниями о

токсичности отдельных веществ и не складывается в целостное представление о загрязнении среды тяжелыми металлами.

Обращение к наиболее распространенным школьным учебникам основной школы показывает, что материал по данной проблеме рассредоточен по разным разделам и обычно связан с характеристикой конкретных элементов. В учебниках, подготовленных авторами, О. С. Габриелян, Г. Е. Рудзитис, Н. Е. Кузнецова. [16], школьники получают главным образом сведения о свойствах, получении и применении меди, цинка, ртути, свинца и их соединений.

Таблица 1 – Содержательный анализ УМК по химии 8-11 классы

Класс	УМК / Автор	Глава, параграф	Что изучается о тяжелых металлах	Характер представления темы
1	2	3	4	5
8 класс	О. С. Габриелян	Глава 1, §13-14	Понятие о металлах. Физические свойства Металлическая связь	Общие сведения без классификации на группы, экологический аспект не затрагивается
8 класс	Г. Е. Рудзитис	Глава 3, §34	Положение металлов в ПСХЭ. Металлическая связь. Физические свойства металлов	Фрагментарно. Только базовые представления о классе металлов
	Н. Е. Кузнецова	Глава 2, §1-2	Строение атомов металлов. Металлическая связь. Общая характеристика физических свойств	Формируются начальные знания, экологическая проблематика отсутствует
9 класс	О. С. Габриелян	Глава 2, §4-14	Общие химические свойства металлов. Железо и его соединения (Fe, FeO, Fe ₂ O ₃ , Fe(OH) ₂ , Fe(OH) ₃) как представитель тяжелых металлов. Сплавы. Практические работы	Наиболее полное раскрытие химических свойств, но тяжелые металлы не выделены в отдельную группу, токсичность не акцентирована

Продолжение таблицы 1

	Г. Е. Рудзитис	Глава 4, §38-40	Положение металлов в ПСХЭ. Физические и химические свойства (реакции с кислородом, кислотами). Характеристика железа и его соединений	Химия металлов дана полноценно. Акцент на железе, экологические риски не выделены
	Н. Е. Кузнецова	Глава 3, §8-10	Свойства металлов главных и побочных подгрупп. Характеристика железа и его соединений (FeO , Fe_2O_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$). d-элементы	Создана теоретическая база для изучения тяжелых металлов (переходных d-элементов), но без экологической привязки
10 класс	Все УМК (базовый уровень)	Органическая химия	Тема практически не представлена. Изучаются углеводороды, кислородсодержащие соединения, полимеры	Изучение тяжелых металлов отсутствует
10 класс	О. С. Габриелян (углубл.)	Глава «Химия переходных элементов»	Строение d-элементов. Комплексные соединения (Cu , Zn , Ag , Hg)	Химия металлов на высоком теоретическом уровне, экологический аспект не рассматривается
11 класс	О. С. Габриелян	Глава 3, §5.12	Систематизация знаний о металлах. Сравнительная характеристика металлов главных и побочных подгрупп	Обобщение на высоком уровне, сравнение свойств d-металлов (тяжелых). Экологический контекст отсутствует

Окончание таблицы 1

11 класс	Г. Е. Рудзитис	Глава 2, §11-12	Классификация металлов. Электрохимический ряд напряжений. Общие способы получения металлов	Обобщение материала по металлам, акцент на восстановительных свойствах. Экологическая составляющая не выделена
	Н. Е. Кузнецова	Глава «Неорганическая химия», §4-5	Обобщение сведений о металлах (s- и d-элементы). Классификация, свойства, применение	Систематизируются знания обо всех переходных металлах, что создает базу для экологических проектов

При этом влияние этих веществ на природные объекты и здоровье человека освещается кратко и не образует самостоятельной линии изучения. Данные о токсическом действии, источниках поступления в окружающую среду и путях воздействия на организм обычно включаются как дополнительное замечание, а не как содержательное ядро темы. В результате тяжелые металлы не воспринимаются учащимися как единая экологическая проблема. Система заданий также ориентирована преимущественно на отработку предметных химических действий: составление уравнений реакций, определение свойств, решение расчетных задач. Возможности для самостоятельного анализа содержания таких веществ в воде, почве или других природных объектах в этих пособиях представлены ограниченно.

В учебной литературе для старшей школы, особенно на углубленном уровне, переходные металлы рассматриваются существенно подробнее: разбираются особенности строения электронных оболочек, переменные степени окисления, состав и свойства характерных соединений, включая комплексные формы. Однако даже при такой предметной детализации экологическая сторона темы остается разработанной недостаточно. Сопоставление требований стандартов с содержанием учебников обнаруживает разрыв между задачей формирования экологической

культуры и тем объемом знаний, который реально предлагается школьникам при изучении тяжелых металлов. Преодоление этого несоответствия требует специальных учебно-методических материалов, где химия тяжелых металлов раскрывается не только в описательном, но и в экологическом отношении. Особенно значимы такие формы работы, которые побуждают учащихся самостоятельно собирать сведения, анализировать полученные данные и объяснять экологическое состояние окружающей среды на химической основе.

Психолого-педагогические исследования показывают, что экологические знания, полученные в процессе активной познавательной деятельности, характеризуются большей осознанностью, прочностью и действенностью по сравнению со знаниями, усвоенными репродуктивно. Изучение тяжелых металлов через организацию наблюдений, экспериментов, анализа реальных экологических ситуаций способствует формированию ценностного отношения к природе, осознанию личной ответственности за состояние окружающей среды, развитию готовности к природоохранной деятельности. Важным аспектом экологизации химического образования является формирование у обучающихся критического мышления, умения оценивать достоверность информации о химических веществах, их свойствах и влиянии на окружающую среду, представленной в средствах массовой информации, рекламе, социальных сетях [29]. Способность к критическому анализу информации особенно значима в контексте проблемы тяжелых металлов, поскольку в общественном сознании существуют как недооценка, так и преувеличение опасности этих веществ, что приводит либо к игнорированию реальных экологических рисков, либо к необоснованной хемотобии.

Экологизация школьного курса химии требует опоры не только на общие сведения о токсичных элементах, но и на конкретные условия территории, где живут и учатся школьники. По этой причине содержание занятий целесообразно связывать с региональной картиной загрязнения и с

теми путями, по которым соединения тяжелых металлов попадают в воздух, воду и почву. Для промышленных районов России в центре рассмотрения оказываются выбросы предприятий металлургического, машиностроительного и химического профиля; в сельскохозяйственных местностях акцент переносится на поступление загрязнителей с минеральными удобрениями, содержащими примеси, а также при внесении в почву осадков сточных вод. В условиях крупных городов особого внимания заслуживают придорожные территории, где накопление загрязняющих веществ связано с автотранспортом, включая выхлопы и износ отдельных деталей. Если на уроках химии обсуждать такие источники с привлечением местных примеров, тема перестает восприниматься отвлеченно: учащиеся легче соотносят ее с собственным опытом и получают основу для учебных исследований, имеющих практическую направленность [33]. Для Челябинской области подобный подход особенно оправдан, поскольку здесь проблема определяется одновременно высокой техногенной нагрузкой и необходимостью раннего профессионального самоопределения школьников. Именно в школьные годы закладываются установки, связанные с экологически ответственным поведением, вниманием к состоянию организма и пониманием того, как контакт со свинцом, кадмием, никелем отражается на здоровье человека. Включение в химическое образование представлений об экологической культуре и соответствующем типе мышления позволяет решать две взаимосвязанные задачи: своевременно выделять обучающихся, для которых особенно значимы профилактика и сохранение здоровья, и одновременно ориентировать часть школьников на будущую деятельность в областях экологии, химии, биологии и медицины, где необходимы навыки оценки состояния среды и безопасного обращения с токсичными веществами.

Химическое образование в России переориентируется на такое освоение предмета, при котором знания используются не изолированно, а в жизненных, социальных и практических ситуациях. Эта линия закреплена в

нормативных документах: в концептуальных установках, принятых в 2015 году в Российской Федерации, среди приоритетов названы понимание общественной значимости естественных наук, воспитание экологической культуры и формирование у обучающихся умений безопасно работать с веществами и материалами. Из этого вытекает необходимость пересмотра содержания школьной химии. Экологические вопросы должны занимать в нем более заметное место, лабораторные занятия — дополняться заданиями, ориентированными на анализ состояния окружающей среды, а исследовательская и проектная деятельность школьников — расширяться за счет тем, позволяющих применять химические знания к решению конкретных экологических задач.

1.2 Место и роль исследовательской деятельности в развитии научного мировоззрения учащихся

Исследовательская деятельность обучающихся представляет собой специально организованную образовательную деятельность, структура и логика которой воспроизводят основные этапы научного исследования: выявление и формулирование проблемы, постановку цели и задач, выдвижение гипотезы, подбор методов исследования, планирование эксперимента, сбор и анализ эмпирических данных, формулирование выводов и их представление. В отличие от научного исследования в собственном смысле слова, направленного на получение объективно нового знания, учебное исследование ориентировано на получение субъективно нового знания, то есть нового для самого обучающегося, и имеет в качестве основной цели развитие исследовательских компетенций, формирование научного способа мышления, становление субъектной позиции учащегося в образовательном процессе. Исследовательская деятельность является одним из наиболее эффективных средств развития интеллектуальных и

творческих способностей обучающихся, формирования критического мышления, познавательной самостоятельности и активности [5].

Научное мировидение понимается как упорядоченная и внутренне связанная система взглядов на действительность, место человека в ней и способы достоверного познания, основанная на данных науки [11]. В его составе обычно выделяют несколько взаимосвязанных сторон. Познавательная сторона охватывает освоение представлений о природе, обществе и человеке вместе с пониманием того, каким образом эти представления возникают и проверяются. Ценностная связана с признанием значимости объективной истины, доказательности, рационального объяснения и самого научного знания. Практическая обнаруживается в готовности использовать научные сведения, логику исследования и проверенные методы при решении учебных и жизненных задач. Поэтому формирование такого типа мировоззренческой ориентации относится к числу основных целей естественнонаучного образования, в том числе при обучении химии. Особенно продуктивной в этом отношении выступает исследовательская деятельность учащихся: благодаря ей осваиваются не только готовые результаты науки, но и пути их получения, раскрывается действие научного метода и закрепляется уважение к истине как норме научного познания.

Психологическое объяснение исследовательской активности обучающихся опирается на идеи Л. С. Выготского, С. Л. Рубинштейна, А. Н. Леонтьева, Д. Б. Эльконина, В. В. Давыдова [21]. В логике деятельностного подхода развитие психики, а также формирование знаний, умений и способностей связывается не с внешним усвоением как таковым, а с собственной активностью субъекта. По этой причине учебное исследование может рассматриваться как особый вид деятельности, отвечающий естественной познавательной направленности личности, ее стремлению открывать новое и проникать в сущность явлений. В подростковом и юношеском возрасте такая работа получает

дополнительный развивающий эффект, поскольку именно в эти периоды заметно усиливаются абстрактное мышление, рефлексия и процессы личностного самоопределения. Включение учащихся в исследование создает условия для развития критичности и самостоятельности мышления, его гибкости и системности; одновременно совершенствуются анализ и синтез, способность видеть причинно-следственные связи и делать обоснованные выводы на основе наблюдаемых фактов.

Исследовательская деятельность в процессе обучения химии имеет специфические особенности, обусловленные предметным содержанием и методами химической науки. Химия является экспериментальной наукой, в которой ведущую роль играет химический эксперимент как метод исследования веществ, их свойств, способов получения и превращений. Химический эксперимент обладает высокой наглядностью, позволяет непосредственно наблюдать изменения веществ, что создает благоприятные условия для формирования у обучающихся конкретных представлений о химических явлениях и процессах. Вместе с тем интерпретация результатов химического эксперимента требует владения теоретическими знаниями о строении вещества, типах химических реакций, закономерностях протекания химических процессов, что делает химический эксперимент эффективным средством интеграции теоретических и эмпирических знаний, формирования умения применять теорию для объяснения наблюдаемых фактов [26].

Организация исследовательской деятельности обучающихся по химии может осуществляться в различных формах: проблемные уроки, на которых изучение нового материала строится как процесс решения учебной проблемы; лабораторные работы исследовательского характера, предполагающие самостоятельное планирование эксперимента, выбор методов исследования, формулирование выводов; практические работы с элементами исследования; домашние экспериментальные задания; долгосрочные учебно-исследовательские проекты; участие в научно-

практических конференциях и конкурсах исследовательских работ. Каждая из этих форм имеет свои дидактические возможности и ограничения. Проблемные уроки позволяют включить в исследовательскую деятельность всех обучающихся класса, но ограничены временными рамками урока и не могут обеспечить реализацию полноценного исследовательского цикла. Лабораторные работы исследовательского характера дают возможность освоить экспериментальные методы химии, но требуют наличия соответствующего оборудования и реактивов, соблюдения правил техники безопасности. Долгосрочные проекты позволяют реализовать все этапы исследовательской деятельности, но доступны ограниченному числу наиболее мотивированных учащихся [8].

Построение ученического исследования по химии разворачивается поэтапно [15]. На начальном шаге школьников подводят к пониманию самой проблемы, показывают, почему она значима не только в учебном, но и в более широком социальном плане, и тем самым побуждают к включению в работу. Далее складывается замысел исследования: уточняется объект изучения, намечаются задачи, формулируется предположение, определяется последовательность действий и подбираются способы получения сведений. Затем следует практическая часть, где выполняются опыты, ведутся наблюдения, проводятся измерения и накапливается фактический материал. После этого результаты систематизируют, интерпретируют, сопоставляют с выдвинутым предположением и выясняют, насколько оно подтверждается. Завершающий этап связан с оформлением и представлением полученных данных, их обсуждением, а также с анализом того, как была организована работа и к какому итогу она привела. При этом позиция педагога в ходе исследования не остается неизменной: если сначала он активнее направляет и поддерживает учащихся, то к завершению выступает прежде всего как эксперт и критически настроенный собеседник.

Освоение исследовательских умений у школьников не происходит за короткий срок; для этого необходима систематическая, специально выстроенная работа, идущая от более простых действий к более сложным [19]. В состав таких умений входит поиск сведений в различных источниках, выделение существенного материала, его анализ и проверка достоверности. Не менее значима способность самостоятельно выстраивать логику исследования: видеть проблему, определять цель, конкретизировать задачи, формулировать гипотезу и выбирать способы ее проверки. В химическом образовании к этому добавляется практический компонент – готовность проводить эксперимент, наблюдать за его ходом, выполнять измерения и аккуратно фиксировать результаты. Следующий круг навыков связан с обработкой собранных данных: учащийся должен замечать закономерности, устанавливать причинно-следственные связи и формулировать выводы, опираясь на аргументы. Наконец, важна и коммуникативная сторона – умение представить итог исследования, обосновать собственную позицию и включиться в предметное обсуждение. Развитие всего комплекса возможно лишь при постоянном усложнении заданий и постепенном расширении степени самостоятельности обучающихся.

Тематика ученических исследований по химии определяется не отвлеченно, а с учетом возраста школьников, уровня их подготовки, материальных возможностей школы и особенностей окружающей среды [27]. В основной школе более уместны задания, доступные по содержанию и технике выполнения: изучение свойств веществ, проведение качественных реакций, установление факторов, влияющих на скорость химических превращений, а также анализ природных объектов и компонентов среды – воды, почвы, снега, растений. Для старшеклассников, особенно обучающихся на профильном уровне, круг тем может быть расширен за счет количественных методов, рассмотрения кинетических закономерностей, получения веществ и моделирования отдельных

процессов. Особое место занимают работы на стыке химии и экологии. Их ценность определяется тем, что они позволяют судить о состоянии природной среды, выявлять вероятные источники загрязнения и оценивать его масштаб. В этом ряду значимы исследования, связанные с загрязнением тяжелыми металлами, поскольку они делают экологическую проблематику конкретной и доступной для учебного анализа.

Включение исследовательской деятельности в уроки химии способствует формированию тех образовательных результатов, которые закреплены в стандартах [9]. Познавательный блок развивается тогда, когда учащиеся ищут информацию, продумывают ход исследования, выполняют практическую работу и осмысливают полученные данные. Коммуникативная составляющая усиливается в ситуациях, где требуется представить результаты, обсудить их с одноклассниками, аргументированно возразить или согласовать действия в группе. Регулятивные умения формируются через постановку цели, предварительное планирование, текущий контроль собственных действий и последующую оценку достигнутого. Личностные изменения проявляются в более ответственном отношении к учебной деятельности, в готовности к саморазвитию и в усилении интереса к предмету. Тем самым исследовательская работа в школьной химии рассматривается как один из действенных способов практического воплощения системно-деятельностного подхода.

Особый интерес в этом отношении вызывает организация исследовательской работы при изучении тяжелых металлов, поскольку такая проблематика требует объединения химических, экологических и межпредметных знаний.

При оценке загрязнения среды тяжелыми металлами обычно приходится совмещать данные из нескольких областей знания: экологических дисциплин, географии, медико-биологических исследований и химического анализа [34]. В такой работе устанавливают содержание этих веществ в природных компонентах и пищевых объектах, выявляют причины

и конкретные источники поступления на исследуемой территории, а затем соотносят полученные результаты с вероятными экологическими эффектами и риском для населения. Для этого применяют лабораторное определение состава и концентраций, биоиндикацию, картографирование пространственного распределения, опрос жителей, а также сведения из научных публикаций и статистических материалов.

Педагогические условия эффективной организации исследовательской деятельности обучающихся включают наличие материально-технической базы - оборудованной химической лаборатории, реактивов, приборов, средств индивидуальной защиты; методическое обеспечение - наличие методических рекомендаций, инструкций по проведению исследований, образцов оформления исследовательских работ; информационное обеспечение – доступ к библиотечным фондам, электронным базам данных, интернет-ресурсам; организационное обеспечение – выделение времени для исследовательской деятельности, создание системы стимулирования исследовательской активности обучающихся; профессиональную компетентность педагога в области организации исследовательской деятельности. Важным условием является также формирование в образовательной организации культуры исследовательской деятельности, признание ценности самостоятельного познания, творчества, интеллектуальной инициативы [13].

Выводы по первой главе

1. Проблема тяжелых металлов в контексте экологизации химического образования в России представляет собой многоаспектную педагогическую задачу, требующую системного решения на уровне содержания, методов и организационных форм обучения. Экологизация химического образования предполагает не только включение экологической информации в содержание учебного материала, но и изменение методологии обучения в направлении активизации

познавательной деятельности учащихся, развития исследовательских умений, формирования ценностного отношения к природе и здоровью человека.

2. Тяжелые металлы как объект изучения обладают значительным педагогическим потенциалом, поскольку позволяют интегрировать знания из различных естественнонаучных дисциплин, продемонстрировать взаимосвязь химических свойств веществ с их биологическим действием и экологическими последствиями использования, создать основу для организации практико-ориентированной исследовательской деятельности обучающихся на материале, имеющем непосредственное отношение к их повседневной жизни и состоянию окружающей среды в регионе проживания.

3. Исследовательская деятельность играет ключевую роль в развитии научного мировоззрения учащихся, формировании исследовательских компетенций, развитии познавательной самостоятельности и интеллектуальных способностей. Организация исследовательской деятельности при изучении химии, в частности при изучении проблемы тяжелых металлов, создает условия для интеграции теоретических знаний и практических умений, реализации межпредметных связей, формирования ценностного отношения к научному знанию и методам научного познания. Исследовательская деятельность обучающихся в области изучения тяжелых металлов обладает высоким образовательным и воспитательным потенциалом, позволяет соединить учебную деятельность с решением реальных экологических проблем, способствует формированию экологической культуры и социальной ответственности личности.

ГЛАВА 2. ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛУБЛЕННЫХ ЗНАНИЙ О МЕТАЛЛАХ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ХИМИИ

2.1 Структурирование учебного материала о тяжелых металлах для исследовательской работы

Структурирование учебного материала представляет собой процесс организации содержания обучения в определенную систему, обеспечивающую логическую последовательность изучения материала, взаимосвязь его элементов, соответствие целям и задачам обучения, возрастным и познавательным возможностям обучающихся. При структурировании учебного материала о тяжелых металлах для организации исследовательской деятельности необходимо учитывать несколько взаимосвязанных аспектов: содержательный аспект, определяющий объем и глубину изучения материала; логический аспект, обеспечивающий последовательность введения понятий, установление причинно-следственных связей; методический аспект, связанный с выбором методов, форм и средств обучения; психологический аспект, учитывающий закономерности познавательной деятельности обучающихся данного возраста; дидактический аспект, предполагающий реализацию принципов научности, доступности, системности, связи теории с практикой [3].

При изучении данной темы целесообразно выстраивать содержание не сплошным массивом, а через модули: каждый из них сохраняет относительную самостоятельность, но подчинён общей логике курса. Для такого фрагмента обучения задаются собственная дидактическая цель, познавательный материал и практические действия, ориентированные на определённый учебный результат [17]. Благодаря этому тематические части можно по-разному сочетать, добиваясь целостного освоения сведений о группе тяжёлых металлов и способах их исследования. Подобная организация допускает вариации в наполнении курса, упрощает его

адаптацию к составу класса, уровню подготовки школьников и условиям конкретной школы. Одновременно становится возможным совмещать фронтальную работу с заданиями для отдельных учащихся и малых групп, а также разводить внутри модуля поручения по степени сложности.

Практико-исследовательское освоение темы в этой конструкции организуется не как единый нерасчленённый процесс. В ней выделены четыре части, связанные между собой: целевой, содержательный, организационно-деятельностный и оценочно-результативный блоки.

Целевой компонент модели определяет стратегическую цель – расширение представлений обучающихся о тяжелых металлах через включение их в исследовательскую деятельность. Целевой компонент конкретизируется через систему задач: формирование базовых химических знаний о свойствах и соединениях тяжелых металлов; развитие экологического мышления и понимания влияния тяжелых металлов на окружающую среду и здоровье человека; освоение методов анализа объектов окружающей среды; развитие исследовательских умений (целеполагание, планирование эксперимента, анализ и интерпретация данных); формирование познавательного интереса к химико-экологическим исследованиям.

Содержательный компонент модели представляет собой систему знаний о тяжелых металлах, структурированную по нескольким направлениям, которые находят своё конкретное воплощение в системе учебных модулей. Первый модуль – «Химические основы» – включает физические и химические свойства тяжелых металлов и их соединений, положение в периодической системе, качественные реакции. Второй модуль – «Экологические аспекты» – охватывает источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду, механизмы миграции и биоаккумуляции, токсическое действие на живые организмы, вопросы нормирования содержания. Третий модуль – «Методы исследования» – включает качественный и количественный анализ, пробоотбор, обработку и

интерпретацию результатов. Четвёртый модуль – «Региональный компонент» – предполагает изучение экологической ситуации в регионе проживания обучающихся, локальных источников загрязнения тяжёлыми металлами, что обеспечивает личностную значимость исследования и связь с реальной жизнью.

Деятельностный компонент модели охватывает формы, методы и приёмы организации исследовательской деятельности обучающихся. Данный компонент реализуется через пятый модуль – «Исследовательский практикум», в рамках которого учащиеся выполняют самостоятельные исследовательские проекты, а также через другие формы активной познавательной деятельности (проблемные уроки, урок-семинар, практические работы). Реализация деятельностного компонента строится на последовательном прохождении этапов учебного исследования: мотивационно-проблемный (актуализация проблемы, формирование интереса), проектировочный (постановка цели и задач, выдвижение гипотезы, планирование), практический (проведение эксперимента, сбор данных), аналитический (обработка и интерпретация результатов), презентационно-рефлексивный (оформление и защита результатов). Основными формами организации деятельности выступают урочные занятия (уроки-исследования, практические работы с элементами исследования), внеурочная деятельность (исследовательские проекты, работа в лаборатории) и самостоятельная работа (анализ литературы, подготовка отчётов). Методы обучения, используемые в деятельностном компоненте, включают проблемное обучение, исследовательский метод, проектный метод и метод междисциплинарной интеграции.

Оценочно-результативный компонент модели включает систему диагностики и оценки достигнутых результатов. Данный компонент реализуется через входную диагностику (определение исходного уровня знаний и познавательного интереса), текущий контроль (наблюдение за выполнением лабораторных и практических работ), итоговую аттестацию и

диагностику динамики познавательного интереса. Критериями эффективности модели выступают повышение уровня знаний о тяжелых металлах, положительная динамика познавательного интереса, сформированность исследовательских умений и статистическая значимость различий между экспериментальной и контрольной группами.

Междисциплинарный характер проблемы тяжелых металлов предполагает установление межпредметных связей при структурировании учебного материала. Связь с биологией реализуется при изучении механизмов токсического действия тяжелых металлов на живые организмы, понятий биоаккумуляции, биомagniфикации, влияния тяжелых металлов на физиологические процессы. Связь с экологией проявляется при рассмотрении миграции тяжелых металлов в экосистемах, понятий экологического нормирования, экологического риска. Связь с географией устанавливается при изучении источников загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, анализе пространственного распределения загрязнения. Связь с математикой реализуется при обработке результатов количественного анализа, построении графиков, диаграмм, вычислении статистических показателей. Связь с информатикой осуществляется при работе с электронными базами данных, использовании компьютерных программ для обработки результатов, создании презентаций [20].

Логика структурирования учебного материала предполагает движение от общего к частному, от простого к сложному, от теории к практике. На начальном этапе формируются базовые химические знания о свойствах тяжелых металлов и их соединений. Затем рассматриваются экологические аспекты, связанные с распространением тяжелых металлов в окружающей среде и их воздействием на живые организмы. После этого изучаются методы исследования, позволяющие определять содержание тяжелых металлов в различных объектах. На завершающем этапе организуется самостоятельная исследовательская деятельность обучающихся, в процессе которой происходит интеграция всех полученных

знаний и умений. Такая последовательность обеспечивает постепенное накопление необходимой базы знаний и умений, создание мотивации к исследовательской деятельности, осознание ее личностной и социальной значимости [28].

Дифференциация содержания учебного материала о тяжелых металлах может осуществляться по нескольким направлениям. Базовый уровень предполагает ознакомление с основными сведениями о свойствах наиболее распространенных тяжелых металлов, их применении, токсичности, источниках загрязнения окружающей среды, выполнение простых лабораторных работ по качественному определению ионов металлов. Углубленный уровень включает изучение электронного строения атомов переходных металлов, механизмов образования комплексных соединений, освоение количественных методов анализа, проведение долгосрочных исследовательских проектов. Профильный уровень может предусматривать изучение специальных разделов токсикологии тяжелых металлов, современных физико-химических методов анализа, моделирования миграции тяжелых металлов в окружающей среде [6].

2.2 Методика организации химико-экологических проектов на базе школьных лабораторий

Химико-экологический проект представляет собой форму организации исследовательской деятельности обучающихся, направленную на изучение содержания химических веществ, в том числе тяжелых металлов, в объектах окружающей среды, оценку экологического состояния территории, разработку рекомендаций по снижению негативного воздействия загрязнителей на здоровье человека и состояние экосистем. Проектная деятельность в отличие от традиционных форм обучения характеризуется более высокой степенью самостоятельности обучающихся, практической направленностью, значительной продолжительностью, ориентацией на получение конкретного продукта – результата

исследования, имеющего практическую или социальную значимость. Химико-экологические проекты позволяют интегрировать знания из различных предметных областей, формировать метапредметные компетенции, развивать исследовательские, коммуникативные, рефлексивные умения обучающихся [2].

Методика организации химико-экологических проектов включает несколько взаимосвязанных этапов. На организационно-подготовительном этапе осуществляется формирование проектных групп, выбор тематики проектов, определение целей и задач, планирование деятельности, распределение обязанностей между участниками проекта. Численность проектной группы может варьироваться от одного человека (индивидуальный проект) до пяти-семи человек (групповой проект). Практика показывает, что оптимальной является группа из трех-четырех человек, что позволяет обеспечить активное участие каждого члена группы в работе и в то же время дает возможность разделения функций. Выбор темы проекта может осуществляться самими обучающимися на основе их интересов или предлагаться учителем с учетом образовательных задач, доступности методов исследования, наличия необходимого оборудования и реактивов [31].

Примерные темы химико-экологических проектов, связанных с изучением тяжелых металлов:

- определение содержания тяжелых металлов в почвах пришкольной территории;
- оценка загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами в различных функциональных зонах города;
- изучение содержания свинца в растениях, произрастающих вдоль автомобильных дорог;
- определение содержания меди и цинка в водопроводной воде;
- оценка накопления тяжелых металлов в овощах, выращенных на приусадебных участках;

– изучение содержания железа в питьевой воде из различных источников водоснабжения;

– биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами по состоянию древесных растений.

На теоретическом этапе осуществляется работа с литературными источниками, изучение информации о свойствах тяжелых металлов, источниках их поступления в окружающую среду, методах определения, нормативах содержания в различных объектах. Обучающиеся анализируют научную, учебную, научно-популярную литературу, материалы периодических изданий, интернет-ресурсы, систематизируют полученную информацию, составляют литературный обзор по теме проекта. Важным умением, формируемым на данном этапе, является критическая оценка достоверности и надежности информации, умение различать научные данные и псевдонаучные утверждения, проверять источники информации. Результатом теоретического этапа является формирование понятийного аппарата исследования, теоретическое обоснование выбора объектов и методов исследования, определение критериев оценки полученных результатов [35, с. 112].

Методический этап предполагает выбор и освоение методов исследования, подготовку необходимого оборудования и реактивов, разработку плана экспериментальной части проекта. Для исследования содержания тяжелых металлов в объектах окружающей среды в условиях школьной лаборатории могут быть использованы качественные методы анализа, основанные на проведении характерных химических реакций, и полуколичественные методы с использованием доступных приборов - фотокolorиметров, рН-метров. Качественный анализ позволяет установить наличие или отсутствие определенного иона металла в исследуемом образце. Например, ионы меди можно обнаружить по образованию интенсивно окрашенных комплексных соединений с аммиаком, ионы железа (III) – по реакции с роданид-ионами с образованием

крово-красного окрашивания, ионы свинца - по образованию желтого осадка иодида свинца. Полуколичественные методы позволяют приблизительно оценить концентрацию металла путем сравнения интенсивности окраски или других характеристик с эталонными образцами [1].

Для обеспечения достоверности результатов необходимо соблюдение ряда требований к проведению эксперимента: использование чистой химической посуды, дистиллированной воды, реактивов квалификации «ч» или «х.ч.», проведение контрольных опытов, выполнение параллельных определений, статистическая обработка результатов. Обучающиеся должны быть обучены правилам отбора проб объектов окружающей среды. Отбор проб почвы осуществляется методом «конверта» с глубины 0-10 см, после чего отобранные образцы смешиваются для получения средней пробы. Отбор проб воды производится в чистую стеклянную посуду, заполняя ее полностью для предотвращения окисления примесей кислородом воздуха. Пробы снега отбираются на всю глубину снежного покрова, после оттаивания измеряется объем талой воды [32].

Экспериментальный этап является центральным в реализации проекта. На данном этапе осуществляется непосредственное проведение химического анализа отобранных проб, фиксация результатов измерений, наблюдений. Эксперимент может включать несколько стадий: подготовка проб к анализу (высушивание, измельчение, экстракция металлов из твердых образцов растворами кислот), проведение качественных реакций на присутствие ионов металлов, количественное или полуколичественное определение концентрации металлов выбранным методом, проведение повторных определений для проверки воспроизводимости результатов. Все результаты эксперимента фиксируются в лабораторном журнале с указанием даты проведения опыта, условий эксперимента, наблюдаемых явлений, результатов измерений. При работе с реактивами необходимо

строгое соблюдение правил техники безопасности, использование средств индивидуальной защиты - халата, перчаток, очков [36].

Аналитический этап предполагает обработку полученных экспериментальных данных, их систематизацию, анализ, интерпретацию. Количественные данные представляются в виде таблиц, графиков, диаграмм, что облегчает их восприятие и анализ. Проводится сравнение полученных значений концентраций тяжелых металлов с установленными нормативами - предельно допустимыми концентрациями для почв, воды, атмосферного воздуха. Выявляются закономерности пространственного распределения загрязнителей, устанавливаются корреляции между уровнем загрязнения и близостью источников эмиссии тяжелых металлов. Формулируются выводы о соответствии или несоответствии исследованных объектов экологическим нормативам, оценивается степень экологического риска для здоровья населения. Проверяется гипотеза, сформулированная на начальном этапе проекта, определяется степень ее подтверждения или опровержения [37].

Заключительный этап включает оформление результатов проекта и их презентацию. Результаты исследования оформляются в виде письменного отчета, структура которого включает введение с обоснованием актуальности темы, постановкой цели и задач; литературный обзор; описание методики исследования; результаты и их обсуждение; выводы; список использованной литературы. К отчету могут прилагаться фотографии мест отбора проб, таблицы с результатами измерений, карты-схемы распределения загрязнителей на исследуемой территории. Для презентации результатов проекта готовится компьютерная презентация, включающая основные положения исследования, наиболее значимые результаты, иллюстративный материал. Презентация проекта может проводиться на уроке, школьной научно-практической конференции, конкурсах исследовательских работ различного уровня. Важным элементом презентации является обсуждение, в ходе которого авторы отвечают на

вопросы, аргументируют свои выводы, принимают конструктивную критику [38].

Рефлексивный этап предполагает осмысление обучающимися процесса и результатов проектной деятельности, оценку достижения поставленных целей, выявление трудностей, с которыми столкнулись участники проекта, и способов их преодоления, определение личностного смысла проведенного исследования, планирование дальнейших направлений работы. Рефлексия может осуществляться в форме индивидуальных или групповых эссе, анкетирования, обсуждения. Вопросы для рефлексии могут включать: что нового я узнал в процессе работы над проектом? Какие умения я освоил? Что вызвало наибольшие трудности и как я с ними справился? Какое значение имеют результаты проекта для меня лично, для общества? Планирую ли я продолжить исследования в данной области? Рефлексивная деятельность способствует осознанию личностных достижений, формированию адекватной самооценки, развитию способности к саморегуляции [39].

Роль учителя в организации химико-экологических проектов многогранна. На этапе выбора темы учитель выступает как консультант, помогающий обучающимся определиться с проблемой исследования, оценить ее реализуемость, сформулировать цель и задачи. На теоретическом этапе учитель ориентирует в источниках информации, помогает структурировать материал, обучает приемам работы с научной литературой. На методическом и экспериментальном этапах учитель обучает методам исследования, контролирует соблюдение техники безопасности, консультирует по вопросам интерпретации результатов. На заключительном этапе учитель помогает в оформлении и презентации результатов, выступает как эксперт, оценивающий качество выполненной работы. При этом важно поддерживать баланс между необходимой помощью и сохранением самостоятельности обучающихся, не подменять их деятельность, стимулировать поиск собственных решений [40].

Оценивание результатов химико-экологических проектов должно быть комплексным, учитывающим различные аспекты проектной деятельности. Критерии оценивания могут включать актуальность и практическую значимость темы проекта; корректность постановки цели, задач, гипотезы; глубину проработки теоретической части; обоснованность выбора методов исследования; качество проведения эксперимента, достоверность полученных данных; глубину анализа и интерпретации результатов; обоснованность выводов; качество оформления отчета; качество презентации и защиты проекта; степень самостоятельности обучающихся в выполнении проекта; вклад каждого участника в групповой проект. Целесообразно использование многобалльной шкалы оценивания по каждому критерию с последующим суммированием баллов.

Выводы по второй главе

1. Структурирование учебного материала о тяжелых металлах для организации исследовательской деятельности обучающихся представляет собой сложную педагогическую задачу, требующую учета содержательных, логических, методических, психологических аспектов.

2. Модульный подход к структурированию содержания обеспечивает гибкость и адаптивность образовательного процесса, создает условия для реализации дифференцированного и индивидуального подходов, позволяет органично интегрировать теоретическую и практическую, учебную и исследовательскую деятельность.

3. Междисциплинарный характер проблемы тяжелых металлов создает благоприятные возможности для установления межпредметных связей, формирования целостной естественнонаучной картины мира, развития системного мышления обучающихся.

4. Методика организации химико-экологических проектов на базе школьных лабораторий представляет собой целостную систему педагогических действий, направленных на формирование

исследовательских компетенций обучающихся, развитие их познавательной самостоятельности, творческих способностей, экологической культуры. Химико-экологические проекты позволяют органично соединить теоретическое изучение проблемы тяжелых металлов с практической деятельностью по исследованию реальной экологической ситуации, способствуют осознанию социальной значимости естественнонаучных знаний, формированию активной гражданской позиции обучающихся.

5. Успешная реализация проектной деятельности требует высокой профессиональной компетентности педагога, наличия соответствующей материально-технической базы, создания в образовательной организации среды, поддерживающей исследовательскую активность и творческую инициативу обучающихся.

ГЛАВА 3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛИ РАСШИРЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ УЧАЩИХСЯ

3.1 Опыт внедрения методических разработок по изучению тяжелых металлов в образовательный процесс

Внедрение методических разработок по изучению тяжелых металлов в рамках исследовательской деятельности обучающихся осуществлялось на базе МБОУ «СОШ №39 г. Челябинска» в процессе преподавания химии в 9 классах в течение 2025-2026 гг. Выбор данных классов обусловлен тем, что в 9 классе изучается тема «Металлы главных и побочных подгрупп», что создает содержательную основу для рассмотрения тяжелых металлов. Экспериментальная работа была направлена на проверку эффективности разработанной педагогической модели расширения представлений о тяжелых металлах через исследовательскую деятельность и включала реализацию всех содержательных модулей, описанных в предыдущей главе [4].

Реализация экспериментальной работы осуществлялась в соответствии с разработанной педагогической моделью (п. 2.1). Целевой компонент модели был реализован через постановку цели и задач экспериментальной работы. Содержательный компонент модели нашел свое отражение в четырех модулях: «Химические основы», «Экологические аспекты», «Методы исследования» и «Региональный компонент». Деятельностный компонент модели был представлен пятым модулем – «Исследовательский практикум», а также другими формами активной познавательной деятельности (проблемные уроки, урок-семинар, практические работы). Оценочно-результативный компонент модели реализован через систему диагностики, описанную в п. 3.2.

Подготовительный этап экспериментальной работы включал анализ учебных программ и учебников химии, используемых в образовательной

организации, с целью определения возможностей интеграции материала о тяжелых металлах в существующую систему обучения. Анализ показал, что программа О.С. Габриеляна для 9 класса предусматривает изучение свойств металлов побочных подгрупп – железа, хрома, меди, цинка – в объеме двух учебных часов, что явно недостаточно для формирования целостных представлений об экологической проблематике тяжелых металлов. Это потребовало разработки дополнительных учебных материалов, включающих информационные тексты, презентации, инструкции к лабораторным работам, задания для самостоятельной работы, темы исследовательских проектов [11].

Материально-техническое обеспечение экспериментальной работы включало использование ресурсов школьной химической лаборатории: лабораторной посуды (пробирки, колбы, стаканы, пипетки), нагревательных приборов (спиртовки, электрические плитки). Для проведения качественного и полуколичественного анализа были взяты необходимые реактивы: растворы солей тяжелых металлов для приготовления модельных растворов, реактивы для качественных реакций (растворы аммиака, щелочей, кислот, роданида калия, иодида калия), индикаторы. Для обеспечения безопасности работы были использованы средства индивидуальной защиты – халаты, перчатки, защитные очки. Информационное обеспечение включало подбор научной и научно-популярной литературы, статей из педагогических и химических журналов, данных экологического мониторинга региона, нормативных документов, регламентирующих содержание тяжелых металлов в объектах окружающей среды [17].

Реализация первого модуля «Химические основы: свойства и соединения тяжелых металлов» в 9 классе осуществлялась в рамках изучения темы «Металлы» и потребовала трех учебных часов. На первом уроке были рассмотрены общие свойства тяжелых металлов, их положение в периодической системе, физические и химические свойства. Урок был

построен с использованием проблемного метода: обучающимся было предложено объяснить, почему среди металлов особо выделяют группу тяжелых металлов, в чем заключается их специфика. В процессе обсуждения выяснилось, что обучающиеся имеют лишь общие, часто бытовые представления о тяжелых металлах, связывая их главным образом с токсичностью, но не могут объяснить химическую природу этой токсичности. Для формирования научных представлений была проведена лекция-беседа с демонстрацией образцов металлов, их физических свойств, химических реакций. Обучающиеся выполнили лабораторную работу по изучению свойств меди и цинка, составили уравнения реакций, характеризующих химические свойства этих металлов [23].

На втором уроке изучались важнейшие соединения тяжелых металлов – оксиды, гидроксиды, соли. Особое внимание было уделено амфотерным свойствам оксидов и гидроксидов цинка, хрома, способности тяжелых металлов образовывать комплексные соединения. Обучающиеся выполнили лабораторную работу «Химические свойства соединений тяжелых металлов», в ходе которой получили гидроксиды меди (II), железа (II) и (III), изучили их отношение к кислотам и щелочам, провели реакции обмена с участием солей тяжелых металлов. Практическая работа способствовала формированию конкретных представлений о химических свойствах соединений, развитию наблюдательности, умения описывать химические явления [28].

Третий урок был посвящен качественным реакциям на ионы тяжелых металлов. Обучающиеся познакомились с методами качественного анализа, узнали, что для обнаружения каждого иона существуют характерные реакции, приводящие к образованию осадков определенного цвета или окрашенных растворов. Была проведена практическая работа «Качественные реакции на ионы меди, железа, цинка, свинца», в ходе которой обучающиеся проводили реакции с растворами солей этих металлов, наблюдали образование характерных продуктов, учились

составлять уравнения качественных реакций. Данная работа имела не только образовательное, но и пропедевтическое значение, готовя обучающихся к проведению исследовательских работ, в которых потребуется обнаруживать и идентифицировать ионы тяжелых металлов в реальных объектах окружающей среды [35].

Реализация второго модуля «Экологические аспекты: источники и последствия загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами» осуществлялась урочной деятельностью. В рамках урочной деятельности был проведен урок-семинар «Тяжелые металлы и окружающая среда», подготовка к которому началась за две недели. Класс был разделен на группы, каждая из которых получила задание подготовить сообщение по одному из аспектов проблемы:

- источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду,
- миграция тяжелых металлов в природных средах,
- токсическое действие тяжелых металлов на организм человека,
- влияние тяжелых металлов на растения и животных,
- нормирование содержания тяжелых металлов в окружающей среде,
- методы снижения загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами.

Обучающиеся работали с различными источниками информации, готовили презентации, подбирали иллюстративный материал. На семинаре каждая группа представила свое сообщение, после чего проходило обсуждение, в ходе которого выявлялись взаимосвязи между различными аспектами проблемы. Семинар способствовал формированию целостного представления о проблеме тяжелых металлов, развитию умений работать с информацией, публично представлять результаты работы, участвовать в дискуссии [9].

Третий модуль «Региональный компонент» был реализован через изучение экологической ситуации в городе и области. Обучающиеся

работали с материалами государственного доклада «О состоянии окружающей среды в регионе», анализировали данные мониторинга содержания тяжелых металлов в атмосферном воздухе, воде, почве. Была построена карта-схема размещения основных источников загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами на территории города - промышленных предприятий, крупных автомагистралей. Обучающиеся провели сравнительный анализ экологической ситуации в различных районах города, выявили территории с наибольшим уровнем загрязнения. Изучение регионального материала значительно повысило интерес обучающихся к проблеме, сделало ее личностно значимой, создало мотивацию для проведения собственных исследований [31].

Четвертый модуль «Методы исследования: качественное и количественное определение тяжелых металлов» реализовывался преимущественно во внеурочном процессе. Обучающиеся познакомились с методами пробоподготовки, освоили технику отбора проб почвы и воды, методы их подготовки к анализу. Была проведена серия лабораторных работ по освоению различных методов анализа. Лабораторная работа «Качественное определение ионов тяжелых металлов в водных растворах» позволила закрепить умения проведения качественных реакций на реальных образцах. [20].

Пятый модуль «Исследовательский практикум» был реализован в форме индивидуальных и групповых исследовательских проектов. Апробация разработанной модульной системы (Глава 2) проводилась на базе МБОУ «СОШ №39 г. Челябинска» в течение 2 недель. В рамках пятого («Исследовательский практикум») содержательного модуля были организованы и выполнены учебно-исследовательские работы, направленные на расширение представлений о тяжёлых металлах.

Перед началом выполнения исследовательских работ со всеми обучающимися был проведён инструктаж по технике безопасности с регистрацией в журнале установленной формы. К работе допускаются

только те обучающиеся, которые прошли инструктаж, не имеют медицинских противопоказаний и используют средства индивидуальной защиты: хлопчатобумажный халат, резиновые перчатки и защитные очки. В лабораторном помещении запрещено принимать пищу, пить и оставлять на рабочем столе посторонние предметы.

При работе с растворами солей тяжёлых металлов (нитрата свинца, сульфата меди, иодида калия) необходимо соблюдать особую осторожность: все перечисленные соединения токсичны. Запрещается вдыхать порошки, пробовать растворы на вкус, допускать их попадание на кожу и слизистые оболочки. При попадании вещества на кожу следует немедленно смыть его большим количеством воды. Отработанные растворы не выливаются в раковину, а сливаются в специальную промаркированную ёмкость для сбора токсичных отходов.

При работе с консервными банками (определение свинца в спайке) необходимо использовать перчатки для защиты от порезов острыми краями жести. Обработку поверхности банки уксусной кислотой следует проводить только в вытяжном шкафу или при активной вентиляции помещения. При работе с белковыми растворами после завершения опытов пробирки с денатурированным белком утилизируются в специальный контейнер (слив в раковину запрещён во избежание засорения канализации). Стеклопосуда должна использоваться без трещин и сколов; нагревание пробирок проводится с использованием держателя отверстием от себя и окружающих. При работе с растворами кислот и щелочей пипетки применяются только с резиновой грушей; засасывание жидкостей ртом категорически запрещено. По окончании работы каждый обучающийся приводит в порядок рабочее место, моет и убирает посуду, после чего сдаёт рабочее место учителю.

В аварийных ситуациях (разлив реактива, порез, ожог, ухудшение самочувствия) обучающийся обязан немедленно сообщить учителю и действовать в соответствии с его указаниями. После проведения

инструктажа каждый обучающийся расписался в журнале регистрации инструктажей на рабочем месте, подтверждая ознакомление с правилами и обязательство их соблюдать. Контроль за соблюдением техники безопасности осуществлял учитель химии на всех этапах выполнения проектов.

Проект «Влияние ионов тяжёлых металлов на биологические системы».

Цель проекта: наглядно продемонстрировать механизм токсического действия солей тяжёлых металлов (свинца, меди) на белки живых организмов.

Методика проведения. Учащимся было предложено смоделировать воздействие солей тяжёлых металлов на биологический объект. В три химических стакана поместили по 5 мл раствора яичного белка. В первый стакан добавили 1 мл раствора хлорида натрия (контрольная проба), во второй – 1 мл раствора нитрата свинца (II), в третий – 1 мл раствора сульфата меди (II). Наблюдения фиксировали визуально.

Результаты. В контрольной пробе (с хлоридом натрия) изменений не произошло – раствор белка оставался прозрачным. В пробах с нитратом свинца и сульфатом меди наблюдалась выраженная денатурация белка: раствор мутнел, выпадал хлопьевидный осадок, что свидетельствует о разрушении пространственной структуры белковых молекул под действием ионов тяжёлых металлов.

Выводы проекта.

Данный эксперимент позволил учащимся:

– увидеть механизм токсического действия тяжёлых металлов «своими глазами»,

– понять, почему даже малые концентрации Pb^{2+} и Cu^{2+} опасны для живых организмов,

– усвоить, что молоко и яичный белок могут служить антидотами при острых отравлениях солями тяжёлых металлов (так как связывают ионы металлов до их всасывания в кровь).

Таким образом, у школьников расширились представления о тяжёлых металлах как о веществах, нарушающих работу биологических систем на молекулярном уровне.

Проект «Определение примесей свинца в спайке консервных банок».

Цель проекта: выявление скрытого бытового источника поступления свинца в организм человека – консервных банок с использованием свинцовосодержащего припоя.

Методика проведения. Учащиеся отобрали три образца консервных банок разных производителей (две отечественные, одна импортная с маркировкой «свинец-free»). Поверхность спайки (продольного шва) обезжиривали ватой со спиртом, затем на несколько минут накладывали вату, смоченную раствором уксусной кислоты (для перевода свинца в растворимый ацетат). После этого на обработанное место наносили раствор иодида калия. Появление ярко-жёлтого осадка иодида свинца (II) свидетельствовало о наличии свинца в припое.

Результаты. У обеих отечественных банок наблюдалось отчётливое жёлтое окрашивание (интенсивность различалась: у одного образца – яркое, у другого – слабое). У импортной банки с двойным швом (метод скрутки, без припоя) жёлтого осадка не обнаружено.

Выводы проекта.

В ходе работы учащиеся:

- освоили качественную реакцию на ионы Pb^{2+} (образование PbI_2),
- узнали, что свинец до сих пор используется в припоях для пищевых консервов в ряде производств,
- сделали практический вывод: при выборе консервов предпочтение следует отдавать банкам с двойным швом или импортным производителям, отказавшимся от свинцовых припоев.

Проект значительно расширил представления школьников о том, что опасный контакт с тяжёлыми металлами возможен не только на промышленном производстве, но и в повседневной жизни – на кухне, в продуктовой упаковке.

Перспективные направления исследовательской деятельности по теме «Тяжёлые металлы»

Описанные выше проекты являются частью более широкой системы исследовательских работ, которые могут быть реализованы в рамках пятого содержательного модуля. Помимо качественного анализа, учащимся могут быть предложены следующие виды деятельности, последовательно расширяющие их представления о тяжёлых металлах. [37].

Работа с цифровыми лабораториями. С использованием портативных датчиков (например, лаборатории «Точка роста» или Releon) учащиеся могут определять концентрации ионов тяжёлых металлов в водопроводной воде, почвенных вытяжках, аквариумной воде. Это позволяет перейти от качественных оценок («много – мало») к количественным (мг/л, сравнение с ПДК) и сформировать представление о реальных масштабах загрязнения окружающей среды.

Метод титрования. В ходе комплексонометрического титрования (с использованием Трилона Б) школьники осваивают точный количественный анализ, определяя, например, суммарное содержание ионов металлов в пробе воды. Данный метод расширяет представления о тяжёлых металлах как об объектах, требующих строгой метрологической оценки, и формирует навыки лабораторной работы (работа с бюреткой, пипеткой, расчёт концентраций).

Анализ почвы, воды и растений. Комплексное исследование проб, отобранных в разных зонах (пришкольный участок, обочина автомобильной дороги, лесопарк), позволяет учащимся проследить миграцию тяжёлых металлов в системе «почва – вода – растение». Школьники учатся отбирать

пробы, готовить вытяжки, проводить экспресс-анализ и делать выводы о зависимости степени загрязнения от антропогенной нагрузки.

Работы с аквариумом и водными растениями. Модельная система «аквариум – водные растения» (элодея, роголистник, ряска) даёт возможность в управляемых условиях наблюдать токсическое действие солей тяжёлых металлов. Добавление растворов сульфата меди или нитрата свинца в аквариумную воду вызывает у растений хлорозы (пожелтение), некрозы (отмирание тканей), угнетение скорости размножения (у ряски). Данный метод наглядно демонстрирует явление биоаккумуляции и расширяет представления учащихся о том, что даже малые концентрации тяжёлых металлов оказывают видимое негативное воздействие на живые организмы [39].

3.2 Верификация результатов исследования и динамика развития познавательного интереса обучающихся

Для оценки эффективности разработанной модульной системы, включающей проблемные уроки, урок-семинар с элементами поисковой деятельности, региональный компонент, практикум по методам анализа и исследовательский практикум, была проведена диагностика уровня представлений учащихся о тяжёлых металлах и динамики их познавательного интереса до и после внедрения.

Организация эксперимента и выборка. В эксперименте, реализованном на базе МБОУ «СОШ №39 г. Челябинска», приняли участие 24 учащихся 9 классов. Были сформированы две группы, эквивалентные по исходному уровню знаний (проверено по результатам констатирующего среза, представленным в Приложении 3): экспериментальная группа (ЭГ, n=12) и контрольная группа (КГ, n=12). Учащиеся экспериментальной группы в течение двух недель работали по разработанной модульной системе; учащиеся контрольной группы изучали тему «Тяжелые металлы»

в рамках традиционного учебного процесса без включения дополнительных исследовательских и поисковых форм работы.

Диагностический инструментарий. Оценка уровня знаний проводилась с помощью теста (Приложение 1), включавшего три блока: «Базовые химические знания» (блок А, max 10 баллов), «Экологические аспекты» (блок Б, max 15 баллов) и «Методы анализа» (блок В, max 10 баллов). Максимальный общий балл — 35. Эталон ответов и критерии оценивания представлены в Приложении 2.

Для диагностики познавательного интереса использовалась адаптированная методика В.Н. Дружинина. Выбор данной методики обусловлен её валидностью для диагностики интереса к учебному предмету у обучающихся 14–16 лет, возможностью количественной обработки результатов и наличием нормативных данных для интерпретации. Методика предполагает оценку степени согласия с 10 утверждениями по 4-балльной шкале (0 — «совсем не согласен», 1 — «скорее не согласен», 2 — «скорее согласен», 3 — «полностью согласен»). Максимальная сумма баллов — 30, что соответствует высокому уровню познавательного интереса. Полный текст анкеты и система оценки представлены в Приложении 4. Диагностика проводилась в два этапа: констатирующий срез (до начала эксперимента) и контрольный срез (после завершения эксперимента) [11].

Анализ динамики уровня знаний. Результаты констатирующего среза подтвердили исходную эквивалентность групп: средний балл ЭГ составил 18,4 (52,6 %), КГ — 19,0 (54,3 %). Разница в 1,7 % не является статистически значимой и находится в пределах погрешности измерений.

После завершения экспериментальной работы был проведён контрольный срез. Средний балл ЭГ повысился до 29,2 (83,4 %), тогда как средний балл КГ остался практически неизменным — 18,8 (53,7 %) (рис. 1).

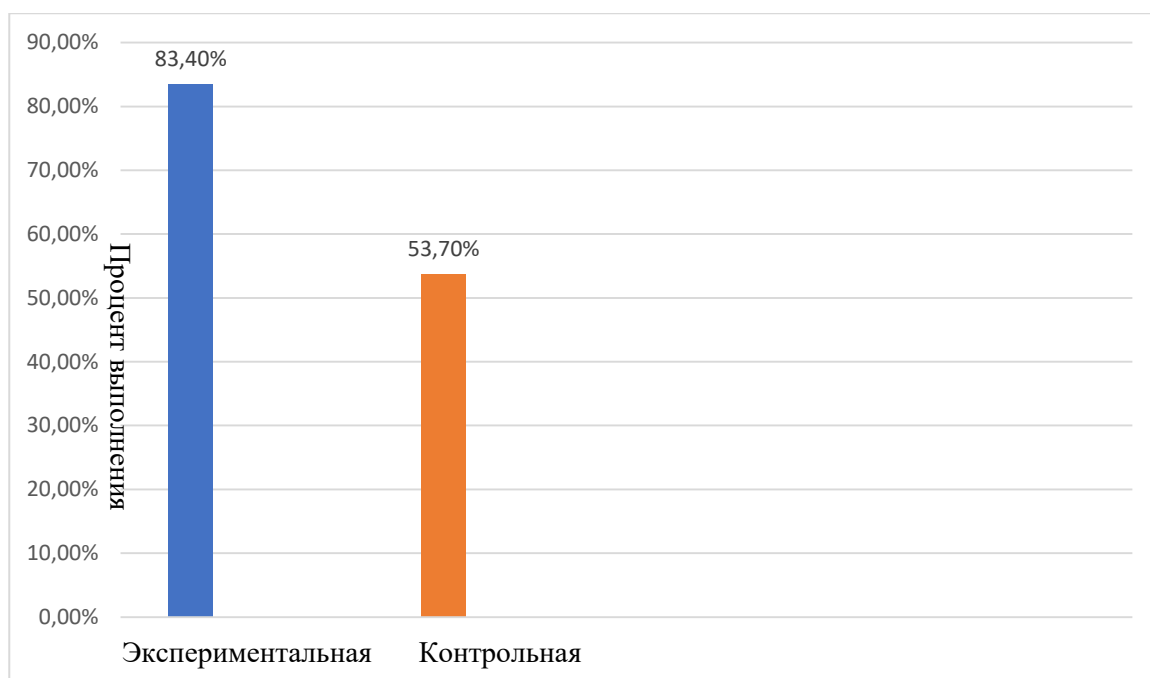


Рисунок 1 – Сравнение уровня знаний экспериментальной и контрольной групп (контрольный срез)

Таким образом, прирост в экспериментальной группе составил +10,8 балла (+30,8 %), тогда как в контрольной группе зафиксировано незначительное снижение (-0,2 балла, -0,6 %), что может быть объяснено естественными процессами забывания при отсутствии активного закрепления материала.

Особого внимания заслуживает дифференцированный анализ по блокам теста (рис. 2). В блоке А («Базовые химические знания»), где преобладает репродуктивный компонент, разрыв между группами минимален: ЭГ — 91 %, КГ — 71 % (разница 20 %). В блоках Б («Экологические аспекты») и В («Методы анализа») разрыв значительно больше: 88 % против 53 % (разница 35 %) и 69 % против 38 % (разница 31 %) соответственно.

Именно эти блоки содержания формируются через включение учащихся в поисковую и исследовательскую деятельность — урок-семинар, работу с региональными экологическими документами, освоение методов отбора проб и анализа, выполнение исследовательских проектов.

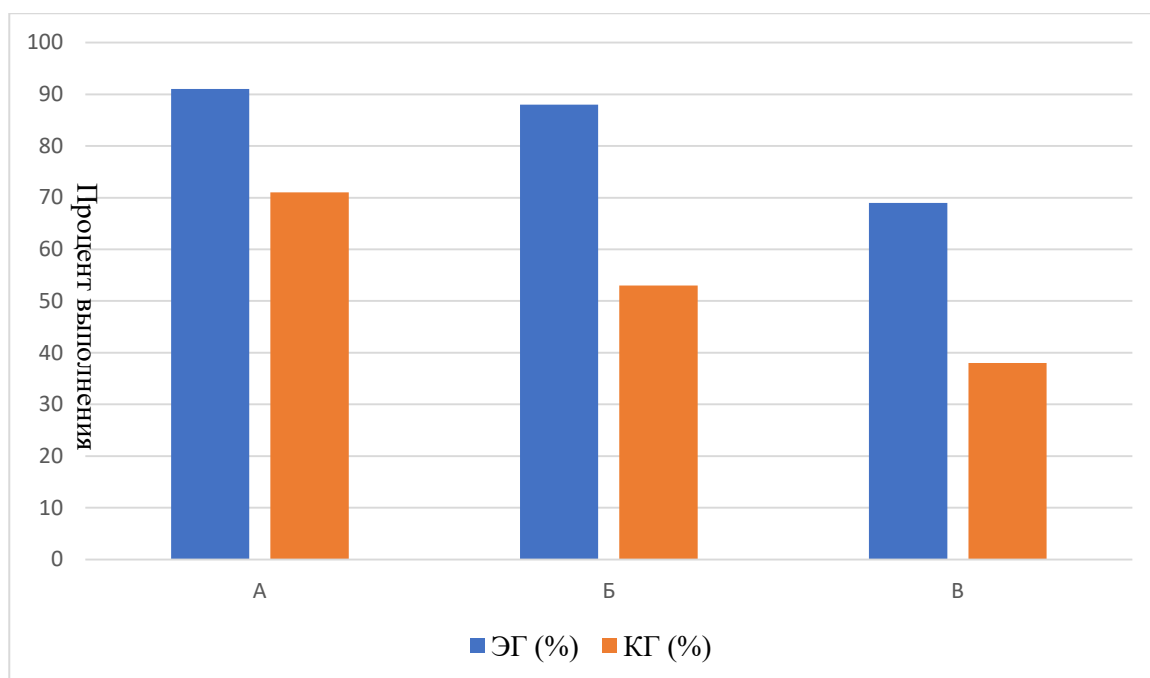


Рисунок 2 – Сравнение результатов экспериментальной и контрольной групп по блокам теста (контрольный срез)

Полученные данные свидетельствуют о том, что модульная система наиболее эффективна именно в тех компонентах содержания, которые невозможно полноценно освоить в рамках традиционного репродуктивного обучения.

Анализ динамики познавательного интереса. Познавательный интерес рассматривается в данном исследовании как один из ключевых показателей эффективности образовательной модели, поскольку именно интерес к предмету является внутренним двигателем самостоятельной познавательной активности.

Результаты диагностики познавательного интереса в экспериментальной группе представлены на рисунке 3. В констатирующем срезе распределение уровней интереса в ЭГ было следующим: высокий — 1 учащийся (8,3 %), средний — 11 (91,7 %), низкий — 0. После эксперимента кардинально изменилось: высокий уровень интереса зафиксирован у 8 учащихся (66,7 %), средний — у 3 (25,0 %), низкий — у 1 (8,3 %). Таким образом, доля учащихся с высоким уровнем познавательного интереса в ЭГ возросла на 58,4 процентных пункта.

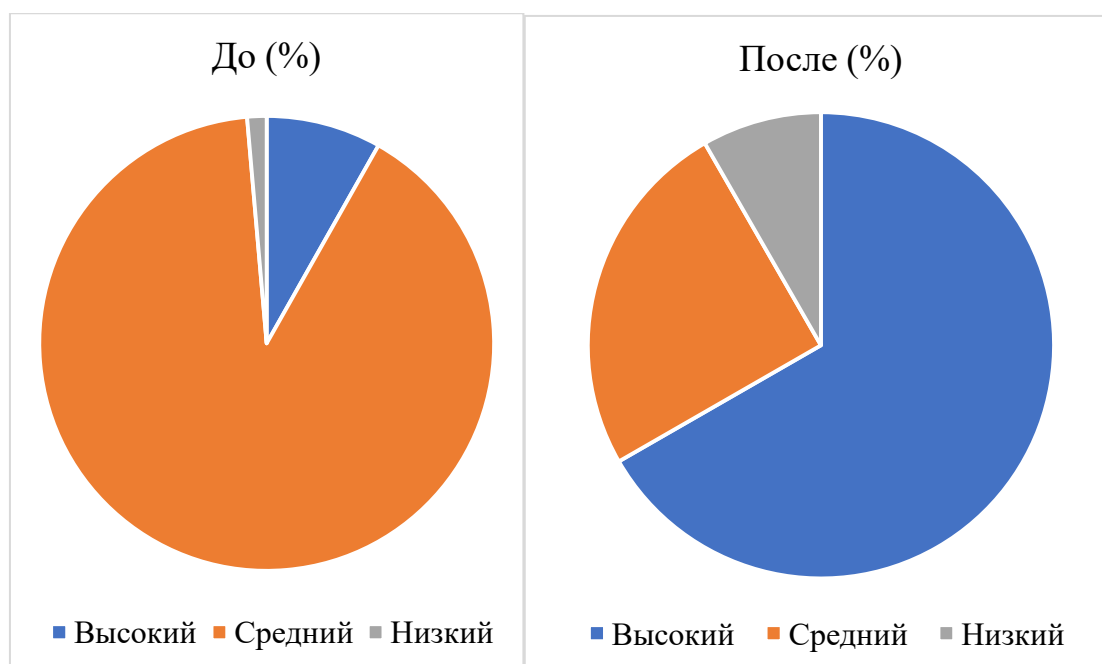


Рисунок 3 – Распределение уровней познавательного интереса в экспериментальной группе (констатирующий и контрольный срезы)

В контрольной группе (рис. 4) динамика интереса оказалась принципиально иной. В констатирующем срезе распределение было аналогичным ЭГ: высокий — 1 (8,3 %), средний — 11 (91,7 %), низкий — 0. После завершения традиционного обучения высокий уровень интереса сохранился у 2 учащихся (16,7 %), средний — у 10 (83,3 %), низкий — 0. Прирост доли учащихся с высоким уровнем интереса составил лишь 8,4 процентных пункта, что не может рассматриваться как значимый педагогический эффект.

Сравнение данных отраженных в диаграммах на рисунках 3 и 4 наглядно демонстрирует, что именно включение учащихся в поисковую и исследовательскую деятельность (а не просто содержательное наполнение курса) является ключевым фактором формирования устойчивого познавательного интереса. Учащиеся контрольной группы, получившие тот же объём информации о тяжёлых металлах, но в рамках традиционных форм обучения, не проявили значимого роста интереса к теме.

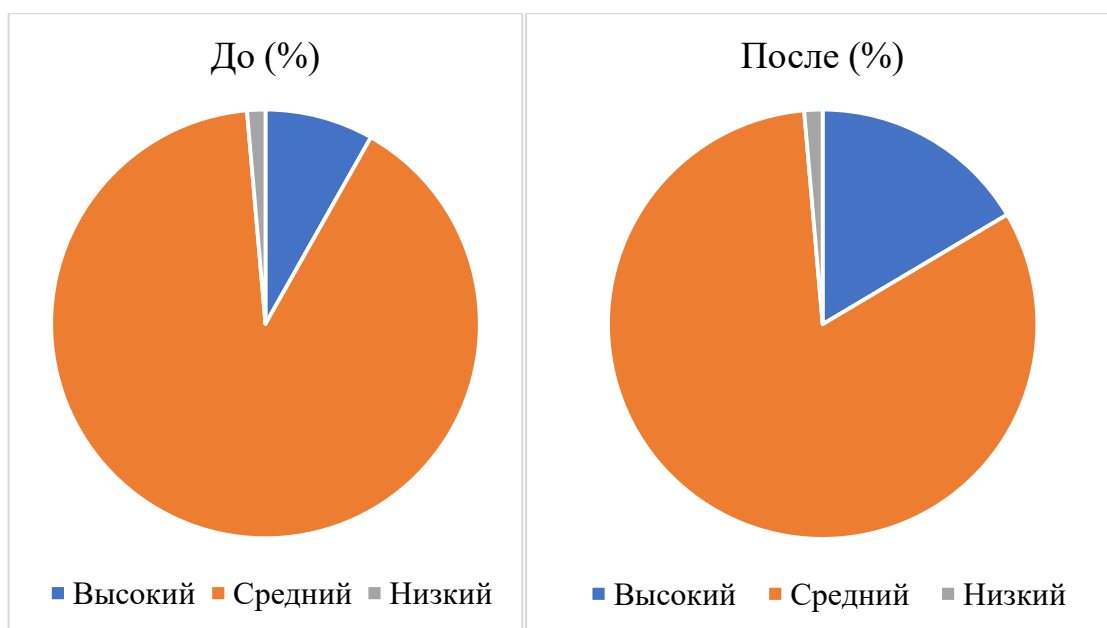


Рисунок 4 – Распределение уровней познавательного интереса в контрольной группе (констатирующий и контрольный срезы)

Статистическая верификация результатов. Для подтверждения статистической значимости различий в уровне знаний между экспериментальной и контрольной группами после эксперимента использовался U-критерий Манна-Уитни для независимых выборок (Приложение 6). Выбор данного непараметрического критерия обусловлен небольшим объёмом выборок ($n=12$ в каждой группе) и отсутствием гарантий нормального распределения признака.

Расчёт показал, что эмпирическое значение U-критерия составляет 0, что меньше критического значения при $p \leq 0,05$ (Укрит. = 37) и при $p \leq 0,01$ (Укрит. = 31). Следовательно, нулевая гипотеза об отсутствии различий между группами отвергается на высоком уровне статистической значимости. Различия в уровне знаний о тяжёлых металлах между экспериментальной и контрольной группами после внедрения разработанной модульной системы являются статистически значимыми ($p < 0,01$).

Выводы по результатам верификации.

1. Разработанная модульная система обучения достоверно эффективнее традиционной методики. Учащиеся экспериментальной

группы продемонстрировали результат на 29,7 % выше, чем учащиеся контрольной группы (83,4 % против 53,7 %).

2. Наибольший педагогический эффект достигается в формировании экологических представлений и практических методов анализа — компонентах содержания, требующих активной познавательной деятельности. Прирост по блоку «Экологические аспекты» составил 35 %, по блоку «Методы анализа» — 31 %, что существенно превышает прирост по блоку базовых химических знаний (20 %).

3. Исследовательская деятельность является ключевым фактором формирования познавательного интереса. Доля учащихся экспериментальной группы с высоким уровнем интереса возросла с 8,3 % до 66,7 % (прирост 58,4 процентных пункта), тогда как в контрольной группе прирост составил лишь 8,4 процентных пункта.

4. Полученные различия в уровне знаний статистически значимы (U-критерий Манна-Уитни, $p < 0,01$), что подтверждает надёжность результатов и обоснованность выводов об эффективности разработанной модели.

Выводы по третьей главе

1. Совокупность перечисленных исследовательских работ обеспечивает формирование у школьников целостного представления о тяжёлых металлах: от химических свойств и методов анализа до экологических последствий и бытовых источников опасности.

2. Опыт внедрения методических разработок по изучению тяжелых металлов в образовательный процесс показал принципиальную возможность и педагогическую целесообразность организации исследовательской деятельности обучающихся в данной области.

3. Интеграция теоретического изучения химических свойств тяжелых металлов с практической исследовательской деятельностью по изучению их содержания в объектах окружающей среды способствует формированию

глубоких, системных, практико-ориентированных знаний, развитию исследовательских компетенций, экологической культуры обучающихся. Выявленные трудности носят в основном организационный и материально-технический характер и могут быть преодолены при целенаправленной работе по совершенствованию условий организации исследовательской деятельности в образовательной организации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения работы проведен анализ проблемы изучения тяжелых металлов в контексте экологизации химического образования, определены место и роль исследовательской деятельности в развитии научного мировоззрения обучающихся. Установлено, что экологизация химического образования представляет собой объективный процесс трансформации содержания, методов и форм обучения химии в направлении формирования целостного представления о взаимодействии человека и природы. Изучению свойств тяжелых металлов, как распространенных загрязнителей окружающей среды, должно уделяться большое внимание в системе экологизированного химического образования.

В ходе работы представлены педагогические технологии, направленные на развитие у обучающихся знаний о металлах, осуществлено структурирование учебного материала для организации исследовательской работы в рамках содержательных модулей, реализующихся на основе дифференциации обучения и межпредметных связей. Предложена методика организации химико-экологических проектов на базе школьных лабораторий, примерные темы проектов, связанных с изучением тяжелых металлов.

Проведен анализ результативности использования представленной модели для повышения мотивации обучающихся к изучению химии, углубления знаний о тяжелых металлах, развития исследовательских умений.

По материалам работы можно сделать ряд выводов:

1. Анализ информационных источников показал, что расширение представлений о тяжелых металлах при организации исследовательской деятельности обучающихся возможно на основе структурирования учебного материала с учетом принципов экологизации образования и

использования междисциплинарных подходов при организации системы химико-экологических проектов, обеспеченной адаптированным диагностическим инструментарием.

2. Формирование и расширение представлений о тяжелых металлах при организации исследовательской деятельности обучающихся может быть достигнуто на основе модели, включающей целевой, содержательный, организационно-деятельностный и оценочно-результативный компоненты и учебный материал, структурированный по соответствующим содержательным модулям.

3. Применение предложенной модели продемонстрировало её эффективность для повышения уровня знаний о свойствах тяжелых металлов, а также познавательного интереса к изучению химии. Рост уровня знаний в экспериментальной группе по отношению к контрольной составил 29,7 %, а рост познавательного интереса – 50 %. Достоверность полученных результатов подтверждена на основе расчетов U-критерия Манна-Уитни.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексинский В. Н. Качественный анализ : учебное пособие / В. Н. Алексинский. – Москва : Лаборатория знаний, 2017. – 154 с.
2. Андреева М. П. Проектная деятельность на уроках химии / М. П. Андреева // Химия в школе. – 2020. – № 3. – С. 44-49.
3. Аргунова М. В. Экологическое образование в интересах устойчивого развития : монография / М. В. Аргунова, Д. В. Моргун, Т. А. Плюснина. – Москва : Перо, 2018. – 202 с.
4. Асанова Л. И. Экологизация содержания химического образования в средней школе / Л. И. Асанова // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2019. – № 4 (201). – С. 26–32.
5. Байбородова Л. В. Исследовательская деятельность школьников в разновозрастных группах : учебное пособие / Л. В. Байбородова. – Москва : Юрайт, 2020. – 218 с. – ISBN 978-5-09-027009-0.
6. Беззапонная О. В. Прогноз содержания соединений тяжелых металлов в поверхностных водных объектах : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.36 / Беззапонная Оксана Владимировна ; науч. рук. Попов А. Н. – ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург, 2004 –162 с.
7. Беспмятников Т. П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде : справочник / Т. П. Беспмятников, Ю. А. Кротов. – Ленинград : Химия, 1985. – 528 с.
8. Беспалов П. И. Методика обучения химии в условиях информатизации образования : монография / П. И. Беспалов. – Москва : МПГУ, 2018. – 184 с. – ISBN 978-5-09-027009-0.
9. Богословский Б. Б. Общая гидрология (гидрология суши) : учебное пособие / Б. Б. Богословский, А. А. Самохин, К. Е. Иванов, Л. А. Соколов. — Минск : Гидрометеиздат, 1984. – 422 с.

10. Бочкарев К. Н. Челябинская область : энциклопедия / К. Н. Бочкарев. – Челябинск : Каменный пояс, 2006. – 880 с.
11. Брера-Левенсон Т. Л. Очистка и использование природных и сточных вод : научное издание / Т. Л. Брера-Левенсон. – Москва : Наука, 2003. – 250 с.
12. Вертинский А. П. Современные методы очистки сточных вод : особенности применения и проблематика / А. П. Вертинский // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 1. – С. 175–182.
13. Ветошкин А. Г. Процессы инженерной защиты окружающей среды (теоретические основы) : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. – Пенза : ПГУ, 2005. – 325 с.
14. Вода. Метод определения химического потребления кислорода: ГОСТ 31859-2012. – Введ. 01.01. 2014. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Стандартинформ, 2014. – 7 с.
15. Габриелян О. С. Изучаем химию в 9 классе : дидакт. пособие / О. С. Габриелян, Т. В. Смирнова; под ред. Т. В. Смирновой. – Москва : Сиринъ према, 2005. – 218 с.
16. Габриелян О.С. Концепция развития естественнонаучного образования в условиях реализации ФГОС / О.С. Габриелян, И. Г. Остроумов // Педагогика. – 2019. – № 8. – С. 40–48.
17. Габриелян О. С. Методическое пособие к учебнику О. С. Габриеляна «Химия». 9 класс : методическое пособие / О. С. Габриелян. – Москва: Дрофа, 2018. – 109 с.
18. Габриелян О. С. Химия. 9 класс : учеб. для общеобразоват. учреждений / О. С. Габриелян. – Москва : Дрофа, 2011. – 270 с.
19. Габриелян О. С. Химия. Примерные рабочие программы. Предметная линия учебников О. С. Габриеляна, И. Г. Остроумова, С. А. Сладкова. 8–9 классы : учеб. пособие для общеобразоват. организаций / О. С. Габриелян, С. А. Сладков. – Москва : Просвещение, 2021. – 80 с. – ISBN 978-5-09-072534-7.

20. Габриелян О. С. Теория и методика обучения химии : учебник для студ. высш. учеб. заведений / О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов, С. А. Сладков. – Москва : Академия, 2009. – 384 с.
21. Габрусева Н. И. О практической направленности преподавания химии / Н. И. Габрусева // Химия в школе. – 1999. – № 2. – С. 61–63.
22. Галатова Е. А. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в системе вода - донные отложения - гидробионты (на примере реки Уй) : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Галатова Елена Александровна ; Уральск. гос. академ. ветеринарной медицины. – Екатеринбург, 2007. – 19 с.
23. Гильманшина С. И. Формирование познавательного интереса учащихся к химии через исследовательскую деятельность / С. И. Гильманшина // Казанский педагогический журнал. – 2020. – № 2 (139). – С. 53–59.
24. Гузеев В. В. Проектное обучение как одна из интегральных технологий / В. В. Гузеев // Метод проектов. – 2018. – № 1. – С. 42–46.
25. Дерябина Н. Е. Экологизация школьного курса химии / Н. Е. Дерябина // Химия в школе. – 2021. – № 2. – С. 102–107.
26. Дружинин В. Н. Психология способностей : избранные труды / В. Н. Дружинин. – Москва : Институт психологии РАН, 2007. – 540 с.
27. Заграничная Н. А. Научное мировоззрение как философско-педагогическая проблема / Н. А. Заграничная // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2019. – № 5 (138). – С. 91–96.
28. Зайцев О. С. Исследовательский практикум по общей химии : учебное пособие / О. С. Зайцев. – Москва : МГУ, 2019. – 236 с.
29. Захлебный А. Н. Концепция общего экологического образования в интересах устойчивого развития / А. Н. Захлебный, Е. Н. Дзятковская // Экологическое образование : до школы, в школе, вне школы. – 2020. – № 2. – С. 74–81.

30. Иванова Л. А. Организация исследовательской работы учащихся по химии / Л.А. Иванова // Химия : методика преподавания. – 2021. – № 1. – С. 66–72.
31. Казаков Р. Н. Роль домашних химических опытов в повышении эффективности обучения / Р. Н. Казаков // Современное образование. – 2021. – №4. – С. 71–75.
32. Кириенко И. В. Химический эксперимент в современном преподавании химии / И. В. Кириенко // Символ науки. – 2021. – № 10. – С. 13–15.
33. Кулагина Г.А. Формирование исследовательских умений учащихся / Г. А. Кулагина // Химия в школе. – 2020. – № 7. – С. 91–95.
34. Кузнецова Н. Е. Теория и методика обучения химии : учебник / Н. Е. Кузнецова, М. А. Шаталов. – Санкт-Петербург : РГПУ им. А.И. Герцена, 2019. – 428 с. – ISBN. 978-5-0000-0000-0.
35. Лебедев О. Е. Компетентностный подход в образовании / О. Е. Лебедев // Школьные технологии. – 2018. – № 5. – С. 88–95.
36. Левина С. Г. Экологические проблемы тяжелых металлов в содержании школьного курса химии / С. Г. Левина // Естественнонаучное образование. – 2020. – № 3. – С. 133–139.
37. Леонтович А. В. Исследовательская деятельность учащихся : сборник статей / А. В. Леонтович. – Москва : МГДД(Ю)Т, 2020. – 196 с.
38. Макарова С. А. Формирование мотивационно ориентированной образовательной среды в учреждениях дополнительного образования : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01 / Макарова Светлана Александровна. – Пенза, 2016. – 18 с.
39. Мамедов Н. М. Экологическое образование: концепции и технологии : учебное пособие / Н. М. Мамедов. – Москва : Ступени, 2019. – 248 с.

40. Матвеева Е. В. Развитие мышления учащихся в процессе исследовательской деятельности / Е. В. Матвеева // Вопросы психологии. – 2019. – № 4. – С. 144–151.
41. Мельникова Е. Л. Проблемное обучение: концепция и технология / Е.Л. Мельникова // Школьные технологии. – 2018. – № 1. – С. 55–62.
42. Минченков Е. Е. Химический эксперимент в школе : учебное пособие / Е. Е. Минченков. – Москва : Педагогика, 2019. – 176 с.
43. Назарова Т. С. Педагогические технологии: новый этап эволюции / Т. С. Назарова // Педагогика. – 2018. – № 3. – С. 111–119.
44. Новиков А. М. Методология научного исследования : учебное пособие / А. М. Новиков, Д. А. Новиков. – Москва : Либроком, 2020. – 280 с.
45. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования : Приказ Министерства просвещения РФ от 17 мая 2012 г. № 413 // Гарант.ru. Информационно-правовой портал: [сайт]. – 2006. – URL: <https://base.garant.ru/70188902/> (дата обращения 20.02.2026).
46. Обухов А. С. Развитие исследовательской деятельности учащихся : учебное пособие / А. С. Обухов. – Москва : Национальный книжный центр, 2019. – 288 с.
47. Оржековский П. А. Методика обучения химии в средней школе : учебник / П. А. Оржековский, В. Н. Давыдов, Н. А. Титов. – Москва : Владос, 2020. – 464 с.
48. Пак М. С. Теория и методика обучения химии : учебник / М. С. Пак. – Санкт-Петербург : РГПУ им. А.И. Герцена, 2018. – 382 с.
49. Поддьяков А. Н. Исследовательское поведение: стратегии познания / А. Н. Поддьяков. – Москва: Национальное образование, 2019. – 304 с.
50. Пономарева И. Н. Экологическое образование в российской школе: история и современность / И. Н. Пономарева // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2020. – № 4. – С. 144–152.

51. Савенков А. И. Методика исследовательского обучения школьников : методическое пособие / А. И. Савенков. – Москва : Русское слово, 2021. – 128 с. – ISBN 978-5-393-01758-3.
52. Семенов И. Н. Методика проведения химического эксперимента : учебное пособие / И. Н. Семенов. – Москва : Школьная пресса, 2019. – 192 с.
53. Сластенин В. А. Педагогика : учебник / В. А. Сластенин, И. Ф. Исаев, Е. Н. Шиянов. – Москва : Академия, 2018. – 576 с.
54. Старовойтова О. А. Статистические методы в педагогических исследованиях / О. А. Старовойтова // Педагогические измерения. – 2020. – № 2. – С. 166–174.
55. Телешов С. В. Химико-экологическое образование учащихся / С. В. Телешов // Химия в школе. – 2019. – № 5. – С. 155–160.
56. Титова И. М. Методика обучения химии : практикум / И. М. Титова. – Санкт-Петербург : РГПУ им. А.И. Герцена, 2020. – 248 с.
57. Тяглова Е. В. Исследовательская деятельность учащихся по химии : методическое пособие / Е. В. Тяглова. – Москва : Глобус, 2006. – 223 с. – ISBN 5-903050-22-0.
58. Ушаков Е. В. Введение в философию и методологию науки : учебник / Е. В. Ушаков. – Москва : КноРус, 2018. – 592 с.
59. Чернобельская Г. М. Теория и методика обучения химии : учебник / Г. М. Чернобельская. – Москва : Дрофа, 2019. – 336 с.
60. Шалашова М. М. Компетентностный подход в химическом образовании / М. М. Шалашова // Химия в школе. – 2020. – № 8. – С. 212–218.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Тест для оценки уровня представлений о тяжелых металлах

Блок А. Базовые химические знания о тяжёлых металлах (максимум 10 баллов)

Задание А1 (2 балла). Какие элементы относят к группе «тяжёлые металлы»? Выберите два правильных ответа.

- А) алюминий,
- Б) свинец,
- В) калий,
- Г) кадмий,
- Д) натрий.

Задание А2 (2 балла). Какое физическое свойство является характерным для большинства тяжёлых металлов? Выберите один правильный ответ.

- А) низкая плотность,
- Б) высокая плотность,
- В) низкая температура плавления,
- Г) мягкость (легко режутся ножом).

Задание А3 (2 балла). С какими веществами взаимодействуют тяжёлые металлы (например, медь и свинец) в обычных условиях? Выберите один правильный ответ.

- А) только с водой,
- Б) только с кислородом,
- В) с кислородом и кислотами (в зависимости от условий),
- Г) не взаимодействуют ни с какими веществами.

Задание А4 (2 балла). Какая степень окисления наиболее характерна для ионов свинца (Pb) в соединениях? Выберите один правильный ответ.

- А) +1
- Б) +2

В) +3

Г) +4

Задание А5 (2 балла). Установите соответствие между названием соединения и его формулой (по 1 баллу за каждое верное соответствие, всего 2 балла).

Название соединения	Формула
1. Оксид свинца (II)	А) PbO ₂
2. Оксид свинца (IV)	Б) PbO

Блок Б. Экологические аспекты (максимум 15 баллов)

Задание Б1 (3 балла). Какие из перечисленных источников относятся к антропогенным (созданным человеком) источникам поступления тяжёлых металлов в окружающую среду? Выберите три правильных ответа.

- А) вулканическая деятельность,
- Б) выбросы металлургических заводов,
- В) выщелачивание горных пород,
- Г) выхлопные газы автомобилей,
- Д) очистные сооружения (осадки сточных вод),
- Е) лесные пожары.

Задание Б2 (3 балла). Что означает термин «биоаккумуляция» применительно к тяжёлым металлам? Выберите один правильный ответ.

- А) разрушение металлов под действием микроорганизмов;
- Б) накопление металлов в организме живого существа быстрее, чем их выведение;
- В) перенос металлов воздушными массами на большие расстояния;
- Г) Очистка организма от металлов с помощью антидотов.

Задание Б3 (3 балла). Расположите звенья пищевой цепи в порядке увеличения концентрации тяжёлых металлов (явление биомагнификации). Запишите цифры в правильной последовательности (3 балла).

1. Хищная рыба (щука).
2. Водоросли и мелкие растения.

3. Мелкие рачки (дафнии).

Задание Б4 (3 балла). Какое воздействие оказывает свинец (Pb) на организм человека при хроническом отравлении? Выберите два правильных ответа.

- А) поражение нервной системы (снижение интеллекта у детей),
- Б) укрепление костной ткани,
- В) поражение почек и кроветворной системы,
- Г) улучшение памяти и внимания.

Задание Б5 (3 балла). Что обозначает аббревиатура «ПДК» в экологии и химии? Выберите один правильный ответ.

- А) предельный допустимый комплекс,
- Б) предельно допустимая концентрация,
- В) полный диапазон качества,
- Г) показатель длительной коррозии.

Блок В. Методы анализа (максимум 10 баллов)

Задание В1 (2 балла). Качественная реакция на ионы свинца Pb^{2+} с иодидом калия (KI) приводит к образованию осадка какого цвета? Выберите один правильный ответ.

- А) белого,
- Б) синего,
- В) ярко-жёлтого,
- Г) чёрного.

Задание В2 (2 балла). Для чего перед качественным анализом спайки консервной банки обрабатывают поверхность уксусной кислотой? Выберите один правильный ответ.

- А) чтобы продезинфицировать поверхность,
- Б) чтобы перевести нерастворимый свинец в растворимый ацетат свинца,
- В) чтобы изменить цвет банки,
- Г) чтобы нейтрализовать щелочи.

Задание B3 (2 балла). Какие методы позволяют количественно (в цифрах) определить содержание тяжёлых металлов в воде? Выберите два правильных ответа.

- А) качественная реакция с иодидом калия,
- Б) титрование (комплексометрия),
- В) определение запаха воды,
- Г) использование цифровых датчиков (ион-селективные электроды).

Задание B4 (2 балла). Что наблюдается при добавлении раствора сульфата меди (CuSO_4) к раствору яичного белка? Выберите один правильный ответ.

- А) раствор становится ярко-синим,
- Б) выделяется газ,
- В) происходит денатурация белка (выпадение осадка),
- Г) никаких изменений не происходит.

Задание B5 (2 балла). Установите соответствие между методом исследования и тем, что он позволяет определить (по 1 баллу за каждое верное соответствие).

Метод	Что определяет
1. Капельный анализ с KI	А) Точную концентрацию ионов металлов в мг/л
2. Титрование Трилоном Б	Б) Наличие ионов свинца (качественно)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Эталон ответов и критерии оценивания к тесту «Уровень представлений о тяжелых металлах»

Для объективной проверки результатов тестирования был подготовлен эталон ответов и критерии оценивания. Эталон правильных ответов на задания теста представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Эталон ответов

Задание	Правильный ответ	Баллы
A1	Б, Г	2 (по 1 за каждый верный)
A2	Б	2
A3	В	2
A4	Б	2
A5	1-Б, 2-А	2 (по 1 за каждое соответствие)
Б1	Б, Г, Д	3 (по 1 за каждый верный)
Б2	Б	3
Б3	2, 3, 1	3
Б4	А, В	3 (по 1,5 за каждый)
Б5	Б	3
В1	В	2
В2	Б	2
В3	Б, Г	2 (по 1 за каждый верный)
В4	В	2
В5	1-Б, 2-А	2 (по 1 за каждое соответствие)
ИТОГО		35

Для интерпретации результатов тестирования использовалась шкала перевода набранных баллов в отметку (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Шкала перевода баллов в оценку

Оценка	Баллы	Процент выполнения
«5» (отлично)	31–35	89–100
«4» (хорошо)	24–30	69–87
«3» (удовлетворительно)	16–23	46–66
«2» (неудовлетворительно)	0–15	0–44

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Результаты тестирования по теме «Тяжелые металлы»

Результаты тестирования обучающихся экспериментальной группы на констатирующем этапе исследования представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты тестирования экспериментальной группы (констатирующий срез, n=12)

Код ученика	Блок А (max 10)	Блок Б (max 15)	Блок В (max 10)	Сумма (max 35)
Э-01	7	7	4	18
Э-02	6	8	4	18
Э-03	7	6	3	16
Э-04	8	8	4	20
Э-05	6	7	3	16
Э-06	8	9	5	22
Э-07	7	7	4	18
Э-08	8	8	4	20
Э-09	6	6	3	15
Э-10	7	8	4	19
Э-11	8	9	5	22
Э-12	7	7	3	17
Средний балл	7,1	7,5	3,8	18,4

Результаты тестирования обучающихся контрольной группы на констатирующем этапе исследования представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты тестирования контрольной группы группы (констатирующий срез, n=12)

Код ученика	Блок А (max 10)	Блок Б (max 15)	Блок В (max 10)	Сумма (max 35)
К-01	8	8	4	20
К-02	7	7	3	17
К-03	6	8	4	18
К-04	8	9	5	22
К-05	7	7	3	17
К-06	8	9	5	22
К-07	6	6	3	15
К-08	7	8	4	19
К-09	8	7	4	19
К-10	7	8	4	19
К-11	8	9	5	22
К-12	7	7	3	17
Средний балл	7,3	7,8	3,9	19,0

Результаты тестирования обучающихся экспериментальной группы на контрольном этапе исследования представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты тестирования экспериментальной группы (контрольный срез, n=12)

Код ученика	Блок А (max 10)	Блок Б (max 15)	Блок В (max 10)	Сумма (max 35)
Э-01	9	13	7	29
Э-02	9	12	6	27
Э-03	10	14	8	32
Э-04	8	11	6	25
Э-05	10	15	8	33
Э-06	9	13	7	29
Э-07	8	12	6	26
Э-08	10	14	8	32
Э-09	9	13	7	29
Э-10	8	12	5	25
Э-11	10	15	8	33
Э-12	9	14	7	30
Средний балл	9,1	13,2	6,9	29,2

Результаты тестирования обучающихся контрольной группы на контрольном этапе исследования представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты тестирования контрольной группы (контрольный срез, n=12)

Код ученика	Блок А (max 10)	Блок Б (max 15)	Блок В (max 10)	Сумма (max 35)
К-01	7	8	4	19
К-02	6	7	3	16
К-03	8	8	4	20
К-04	7	9	4	20
К-05	6	7	3	16
К-06	8	9	5	22
К-07	7	8	4	19
К-08	6	7	3	16
К-09	8	8	4	20
К-10	7	8	4	19
К-11	8	9	4	21
К-12	7	8	3	18
Средний балл	7,1	8,0	3,8	18,8

Результаты сравнения средних баллов обеих групп представлены в таблице 3.5

Таблица 3.5 – Сравнение средних баллов групп (констатирующий и контрольный срезы)

Группа	Срез	Средний балл (max 35)	Процент выполнения	Динамика
Экспериментальная	Констатирующий	18,4	52,6 %	—
Экспериментальная	Контрольный	29,2	83,4 %	+10,8 (+30,8%)
Контрольная	Констатирующий	19,0	54,3 %	—
Контрольная	Контрольный	18,8	53,7 %	-0,2 (-0,6%)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Диагностика познавательного интереса к изучению темы «Тяжелые металлы»

Для оценки познавательного интереса обучающихся к изучению темы «Тяжёлые металлы» была разработана диагностическая анкета. Содержание анкеты для диагностики познавательного интереса представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Анкета «Познавательный интерес к теме «Тяжелые металлы»»

Утверждение	0	1	2	3
1. Мне интересно узнавать новое о свойствах тяжелых металлов и их влиянии на организм человека				
2. Я с удовольствием выполняю практические задания и лабораторные работы по этой теме				
3. Мне нравится самостоятельно искать информацию о тяжелых металлах в дополнительных источниках				
4. Я понимаю, почему важно изучать влияние тяжелых металлов на окружающую среду				
5. Я хотел(а) бы продолжить изучение этой темы в рамках проектной или исследовательской деятельности				
6. Материал о тяжелых металлах кажется мне сложным и неинтересным (обратный вопрос)				
7. Я часто задумываюсь о том, как загрязнение тяжелыми металлами влияет на здоровье людей в моем регионе				
8. Мне нравится обсуждать экологические проблемы, связанные с тяжелыми металлами, с одноклассниками и учителем				
9. Я считаю, что знания о тяжелых металлах пригодятся мне в будущем				
10. На уроках по этой теме мне было скучно (обратный вопрос)				

Критерии определения уровней познавательного интереса обучающихся представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Уровни познавательного интереса

Уровень	Баллы	Характеристика
Высокий	21–30	Учащийся проявляет устойчивый интерес к теме, активно участвует в обсуждениях, самостоятельно ищет дополнительную информацию
Средний	11–20	Интерес ситуативный, зависит от формы подачи материала, требуется внешняя мотивация
Низкий	0–10	Интерес к теме отсутствует, учащийся не видит практической значимости изучаемого материала

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Динамика познавательного интереса обучающихся

Динамика изменений познавательного интереса обучающихся в ходе исследования представлена в приложении 5. Результаты анкетирования экспериментальной группы на констатирующем этапе исследования представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты анкетирования экспериментальной группы (констатирующий срез, n=12)

Код ученика	Сумма баллов (max 30)	Уровень
Э-01	15	Средний
Э-02	16	Средний
Э-03	13	Средний
Э-04	17	Средний
Э-05	12	Средний
Э-06	22	Высокий
Э-07	13	Средний
Э-08	16	Средний
Э-09	13	Средний
Э-10	14	Средний
Э-11	15	Средний
Э-12	11	Средний
Средний балл	14,8	Средний
Распределение: высокий – 1 (8,3 %), средний – 11 (91,7 %), низкий – 0 (0 %)		

Результаты анкетирования контрольной группы на констатирующем этапе исследования представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты анкетирования контрольной группы (констатирующий срез, n=12)

Код ученика	Сумма баллов (max 30)	Уровень
K-01	16	Средний
K-02	15	Средний
K-03	12	Средний
K-04	18	Средний
K-05	19	Средний
K-06	22	Высокий
K-07	12	Средний
K-08	13	Средний
K-09	12	Средний
K-10	17	Средний
K-11	17	Средний
K-12	16	Средний
Средний балл	15,8	Средний
Распределение: высокий – 1 (8,3 %), средний – 11 (91,7 %), низкий – 0 (0 %)		

Результаты анкетирования экспериментальной группы на контрольном этапе исследования представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты анкетирования экспериментальной группы (контрольный срез, n=12)

Код ученика	Сумма баллов (max 30)	Уровень
Э-01	26	Высокий
Э-02	28	Высокий
Э-03	22	Высокий
Э-04	30	Высокий
Э-05	24	Высокий
Э-06	20	Средний
Э-07	28	Высокий
Э-08	27	Высокий
Э-09	20	Средний
Э-10	25	Высокий
Э-11	25	Высокий
Э-12	12	Средний
Средний балл	23,9	Высокий
Распределение: высокий — 8 (66,7 %), средний — 3 (25,0 %), низкий — 1 (8,3 %)		

Результаты анкетирования контрольной группы на контрольном этапе исследования представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты анкетирования контрольной группы (контрольный срез, n=12)

Код ученика	Сумма баллов (max 30)	Уровень
К-01	14	Средний
К-02	14	Средний
К-03	17	Средний
К-04	17	Средний
К-05	12	Средний
К-06	22	Высокий
К-07	13	Средний
К-08	16	Средний
К-09	13	Средний
К-10	16	Средний
К-11	17	Средний
К-12	25	Высокий
Средний балл	16,3	Средний
Распределение: высокий – 2 (16,7 %), средний – 10 (83,3 %), низкий – 0 (0 %)		

Сравнение результатов обеих групп представлены в таблице 5.5

Таблица 5.5 – Сравнение результатов экспериментальной и контрольной групп

Группа	Срез	Средний балл	Высокий уровень	Средний уровень	Низкий уровень
ЭГ	До	14,8	8,3 %	91,7 %	0 %
ЭГ	После	23,9	66,7 %	25,0 %	8,3 %
КГ	До	15,8	8,3 %	91,7 %	0 %
КГ	После	16,3	16,7 %	83,3 %	0 %

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Статистическая обработка результатов тестирования (U - критерий Манна-Уитни)

Для подтверждения достоверности полученных результатов была проведена статистическая обработка данных с использованием U-критерия Манна–Уитни (приложение 6). Исходные данные для расчёта U-критерия Манна–Уитни представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Баллы учащихся экспериментальной и контрольной групп (контрольный срез)

№	Экспериментальная группа (ЭГ)	Контрольная группа (КГ)
1	33	22
2	33	21
3	32	20
4	32	20
5	30	20
6	29	20
7	29	19
8	29	19
9	27	19
10	26	18
11	25	16
12	25	16
Средний балл	29,2	18,8

Результаты ранжирования объединённой выборки, необходимые для расчёта статистического критерия, представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Ранжирование объединенной выборки

Балл	Группа	Ранг
33	Э	24
33	Э	23
32	Э	22
32	Э	21
30	Э	20
29	Э	18,5
29	Э	18,5
29	Э	18,5
27	Э	17
26	Э	16
25	Э	14,5
25	Э	14,5
22	К	13
21	К	12
20	К	9,5
20	К	9,5
20	К	9,5
20	К	9,5
19	К	6,5
19	К	6,5
19	К	6,5
18	К	5
16	К	3
16	К	3

Сумма рангов экспериментальной группы (T_1), посчитанное на основании таблицы 6.2

$$T_1 = 24 + 23 + 22 + 21 + 20 + 18,5 + 18,5 + 18,5 + 17 + 16 + 14,5 + 14,5 = 227,5.$$

Расчёт U-эмпирического проводится по формуле (6.1):

$$U_{\text{эмп.}} = n_1 \times n_2 + (n_1 \times (n_1 + 1))/2 - T_1 \quad (\text{формула 6.1})$$

где, n_1 и n_2 - количество испытуемых в первой и второй выборках;

T_1 - сумма рангов экспериментальной группы

$U_{\text{эмп.}}$ посчитанное по формуле 6.1 дает следующие результаты:

$$U_{\text{эмп.}} = 12 \times 12 + (12 \times 13)/2 - 227,5 = 144 + 78 - 227,5 = -5,5$$

$$U_{\text{эмп.}} = 0$$

Итоговые значения представлены в таблице 6.3

Таблица 6.3 – Критические значения (при $n_1 = n_2 = 12$, $\alpha = 0,05$)

Укрит. ($p \leq 0,05$)	Укрит. ($p \leq 0,01$)
37	31