

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 27.03.02 «Управление качеством»
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка эффективности использования твердофазных сорбентов для повышения качества аналитической методики

УДК 546.562:543.42.06-414

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Г51	Юрковский Вадим Олегович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Саранчина Надежда Васильевна	Кандидат хим. наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	Кандидат тех. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Чичерина Наталья Викторовна	Кандидат пед. наук		

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Обще профессиональные и профессиональные компетенции</i>		
Р1	Способность применять современные базовые естественнонаучные, математические инженерные знания, научные принципы, лежащие в основе профессиональной деятельности для разработки, внедрения и совершенствования систем менеджмента качества организации, учитывая экономические, экологические аспекты.	Требования ФГОС (ОК-3,ОПК-4, ПК-1, ПК-13). Критерий 5 АИОР (п.5.2.1, 5.2.2, 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
Р2	Способность принимать организационно-управленческие решения, выбирать, использовать, внедрять инструменты, средства и методы управления качеством на основе анализа экономической целесообразности.	Требования ФГОС (ОПК-2,ПК-3, ПК-5, ПК-8, ПК-19). Критерий 5 АИОР (п.5.2.3, 5.2.7), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
Р3	Способность осуществлять идентификацию основных, вспомогательных процессов и процессов управления организацией, участвовать в разработке их моделей, проводить регламентацию, мониторинг, оценку результативности, оптимизацию, аудит качества.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-4, ПК-14, ПК-17, ПК-18, ПК-20). Критерий 5 АИОР (п.5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
Р4	Способность проектировать системы управления качеством производства на основе современных подходов к управлению качеством, знаниями, рисками, изменениями, разработке стратегии с использованием информационных технологий; учитывая требования защиты информации и правовые основы в области обеспечения качества.	Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-3, ПК-6, ПК-9, ПК-15, ПК-22). Критерий 5 АИОР (п.5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
Р5	Способность использовать базовые знания в области системного подхода для управления деятельностью организации на основе качества с учетом методологии и мирового опыта применения современных концепций повышения конкурентоспособности продукции.	Требования ФГОС (ПК-10, ПК-11, ПК-16, ПК-21, ПК-23). Критерий 5 АИОР (п.5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Общекультурные компетенции</i>		
Р6	Способность самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности, находить, интерпретировать, критически оценивать необходимую информацию, соблюдать основные требования информационной безопасности.	Требования ФГОС (ОК-1,7,8). Критерий 5 АИОР (п.5.2.5,5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
Р7	Способность результативно работать индивидуально, в качестве члена команды, в том числе интернациональной, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, а также руководить малым	Требования ФГОС (ОК-5,6, ПК-7, ПК-12, ПК-25). Критерий 5 АИОР (п.5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	коллективом, демонстрировать ответственность за результаты работы.	<i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Способность ориентироваться в вопросах социального устройства, истории развития современного общества, аспектах устойчивого развития, социальной ответственности.	Требования ФГОС (ОК-2,4,9). Критерий 5 АИОР (п.5.2.12), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 27.03.02 «Управление качеством»
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Чичерина Н.В.

(Подпись) (Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Г51	Юрковский Вадим Олегович

Тема работы:

Оценка эффективности использования твердофазных сорбентов для повышения качества аналитической методики

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Аналитические методики количественного определения меди. Показатели аналитической методики, по которым оценивается качество методик количественного определения веществ. Твердофазные сорбенты, применяемые в методиках количественного определения веществ.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Аналитический обзор литературных источников с целью установления необходимости определения меди и состояния проблемы количественного определения меди в России и мире. Определение основных показателей методик определения меди. Сравнительный анализ показателей методик с целью определения лучшей методики. Оценка эффективности использования твердофазных сорбентов в современных методиках количественного определения меди. Расчет показателей правильности и воспроизводимости определения меди на примере методики ее определения с использованием полимерного сорбента.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Креницына Зоя Васильевна	
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Саранчина Н.В.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Г51	Юрковский Вадим Олегович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Г51	Юрковский Вадим Олегович

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля	Отделение	Отделение диагностики и контроля
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Управление качеством

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.	<i>Использование информации, содержащейся в стандартах и статьях, периодических изданиях, методичках и пособиях, нормативно-правовых документах. Получение информации во время консультации с руководителями, опросов, наблюдений.</i>
2. Нормы и нормативны расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИ	<i>Разработка и составление портрета потенциального потребителя разработки; определение сильных и слабых сторон организации путем проведения SWOT-анализа; выбор метода получения коммерческой прибыли научного проекта.</i>
2. Разработка устава научно-технического проекта	<i>Определение всех заинтересованных сторон с оценкой их потенциальных ожиданий и требований; разработка целей, ожидаемых результатов и требований научного проекта.</i>
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	<i>Определение структуры работы. Расчёт трудоемкости выполнения работ. Построение ленточной диаграммы для написания исследования. Бюджет научных исследований : основная ЗП, дополнительная ЗП, страховые и накладные расходы</i>
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	<i>Проведение оценки эффективности проекта.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT-анализа
2. Сетевой график

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	Кандидат тех. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Г51	Юрковский Вадим Олегович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Г51	Юрковский Вадим Олегович

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля	Отделение	Отделение диагностики и контроля
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Управление качеством

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Оценка эффективности использования твердофазных сорбентов для повышения качества аналитической методики Данная документированная информация может быть применена на любом производстве химической отрасли внутри организации.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	<i>На рабочем месте могут возникнуть вредные и опасные факторы. К вредным факторам относится: недостаточная освещенность рабочей зоны; отклонения показателей микроклимата от нормы, повышенная напряженность электромагнитного поля. К опасным факторам: электрический ток; статическое электричество.</i>
2. Экологическая безопасность:	<i>При разработке документированной информации, происходит воздействие на окружающую среду при утилизации ненужной бумаги или компьютера при устаревании его свойств.</i>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>Для обеспечения пожарной безопасности при работе с электрооборудованием. Соблюдение требований пожарной безопасности. Для тушения пожара на рабочем месте имеются огнетушители, в коридорах размещены планы эвакуаций, существуют запасные выходы, уставлены пожарные сигнализации.</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<i>Требования к рабочему месту при выполнении работы сидя указаны в ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя. При приеме на работу работодатель руководствуется Трудовым кодексом РФ.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Г51	Юрковский Вадим Олегович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 80 с., 27 таблиц, 5 рис., 45 источников.

Ключевые слова: медь, методы количественного определения меди, методики количественного определения меди, показатели качества, твердофазные сорбенты.

Объектом исследования являются различные методики/методы количественного определения меди.

Цель работы - провести оценку эффективности использования твердофазных сорбентов в современных методиках количественного определения меди, для повышения их качества.

В процессе исследования проводились поиск литературных источников по данной проблеме, выявление перспективных методик количественного определения меди, сравнение показателей методик, таких как предел обнаружения, диапазон определяемых содержаний, время анализа и др., отвечающих за их качество.

В результате исследования выявлены методики определения меди подходящие для контроля ее содержания в различных объектах окружающей среды, отличающиеся экологической безопасностью и возможностью детектировать медь на уровне ПДК. Проведена оценка использования твердофазных сорбентов для повышения качества методик количественного определения меди.

Содержание

Введение	11
1. Обзор литературы	13
1.1 Количественный анализ	13
1.1.1 Гравиметрический анализ.	13
1.1.2 Объемный анализ.....	15
1.2 Качественный химический анализ.....	16
1.3 Методики определения меди.....	17
1.4 Показатели качества количественных методик определения веществ...	27
2. Практическая часть	31
2.1 Анализ наиболее перспективных методик количественного определения меди и сравнение их показателей качества	31
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение	36
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования	36
3.2 SWOT-анализ научно-исследовательской работы	36
3.3 Структура работ в рамках научно-исследовательского проекта.....	41
3.4 Определение трудоемкости выполнения работ	42
3.5 Разработка графика проведения научного исследования.....	43
3.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	47
3.6.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	47
3.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы	48
3.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	50
3.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	51
3.6.5 Накладные расходы	52
3.6.6 Определение эффективности исследования.....	53
4. Социальная ответственность.....	55
4.1. Введение	55
4.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	56

4.2.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.	56
4.2.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	56
4.3. Производственная безопасность	57
4.3.1. Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	57
4.3.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов.	58
4.4. Экологическая безопасность	66
4.4.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.	66
4.4.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.	67
4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	67
4.5.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	67
4.5.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	69
Заключение	71
Список используемых источников.....	72

Введение

Медь и ее соединения широко распространены в различных объектах окружающей среды. В результате развития промышленности загрязняются природные воды и одним из основных промышленных загрязнителей является медь(II), относящаяся к группе токсичных металлов широкого спектра действия. За счет эрозии материалов трубопроводов в воде, предназначенной для хозяйственно-питьевых нужд концентрация ионов меди(II) может превышать установленную предельно-допустимую концентрацию. ПДК меди для питьевых вод составляет 1,0 мг/л. Медь относится к веществам 3-го класса опасности, что значит опасное вещество.

В тоже время медь является микроэлементом, который необходим для здоровья человека, однако большие концентрации меди, потребляемые в виде витаминных препаратов, могут вызвать серьезные проблемы со здоровьем. Поэтому контроль массовой концентрации меди в различных типах вод, витаминных препаратах и других объектах окружающей среды является особо важной и актуальной задачей.

Известно большое число методик определения содержания меди(II) с помощью физических и физико-химических методов анализа, но они зачастую обладают невысокой чувствительностью и избирательностью, требуют применения токсичных органических экстрагентов, сложной пробоподготовки и использования дорогостоящего оборудования. В настоящее время активно развиваются и применяются в аналитической практике комбинированные методы, которые сочетают сорбционное концентрирование и последующее определение в твердой фазе. Это позволяет добиваться повышения избирательности определения, а также возможности определения элементов на уровне ПДК и ниже, автоматизировать процесс определения.

ПДК меди для питьевых вод в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01 [1] составляет 1,0 мг/л. Имеет 3 класс опасности, что значит опасное вещество.

В качестве носителей для проведения реакций на твердой фазе используют самые разнообразные материалы: силикагели, пенополиуретаны,

бумаги, ионообменные смолы, ацетилцеллюлозные мембраны, поливинилхлоридные пленки и другие. Широкий выбор твердых носителей способствует развитию методов определения, основанных на их использовании. Еще одним весьма существенным преимуществом использования реакций, протекающих на твердой фазе, является возможность простого, экспрессного внелабораторного определения веществ на месте отбора проб без использования дорогостоящего оборудования.

Цель настоящей работы: провести оценку эффективности использования твердофазных сорбентов в современных методиках количественного определения меди, для повышения их качества.

Для выполнения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

- Изучить методики определения меди, представленные в зарубежных и отечественных базах данных «Scopus», «Elibrary» и «Кодекс»;
- Выявить сорбенты, используемые для разработки методик определения меди;
- Оценить качество методик определения меди с использованием сорбентов;
- Рассчитать показатели правильности и воспроизводимости твердофазно-спектрофотометрической методики определения меди с использованием полиметакрилатной матрицы.

1. Обзор литературы

1.1 Количественный анализ

Количественный химический анализ это раздел химии, который занимается определением количества или процента одного, или нескольких компонентов образца. Для количественного анализа используется множество методов, которые для удобства можно широко классифицировать как химические или физические, в зависимости от того, какие свойства используются. Химические методы зависят от таких реакций, как осаждение, нейтрализация, окисление или, образование нового соединения. Основные типы строго химических методов известны как гравиметрический анализ и объемный или титриметрический анализ.

Физические методы включают измерение некоторых физических свойств, таких как плотность, показатель преломления, поглощение или поляризация света, электродвижущая сила, магнитная восприимчивость и многие другие. Анализ часто требует комбинации методов: качественных для отделения желаемых компонентов от образца и количественных для измерения присутствующих количеств [2].

Основным инструментом во всех количественных анализах является аналитические весы, используемые для точного взвешивания проб и осадков. Для обычной аналитической работы весы должны быть в состоянии определить различия в массе 0,1 миллиграмма.

1.1.1 Гравиметрический анализ.

Гравиметрический анализ, это метод количественно химического анализа, в котором искомый компонент преобразуется в вещество (известного состава), которое можно отделить от образца и взвесить. Шаги, обычно выполняемые в гравиметрическом анализе, включают:

1. приготовление раствора, содержащего известный вес образца;
2. разделение желаемого компонента;
3. взвешивание изолированного компонента;

4. вычисление количества конкретной составляющей в образце от наблюдаемой массы выделенного вещества.

Из многих методов, которые могут быть использованы для выделения желаемого компонента из раствора образца, наиболее распространенным является осаждение, то есть превращение в вещество, не растворимое в растворе. Добавляется реагент, который образует нерастворимое соединение с желаемым компонентом, но не осаждает другие компоненты образца. Полученный осадок отделяют фильтрованием, промывают от растворимых примесей, сушат или поджигают для удаления воды и взвешивают. Некоторые вещества могут быть разделены благодаря их легкой конвертируемости в газообразные соединения, как при определении карбоната в минеральном анализе. Образец обрабатывают кислотой и углекислый газ выделяется в виде газа. Газ абсорбируется на взвешенном количестве твердого щелочного реагента, а количество диоксида углерода определяется по увеличению массы абсорбента.

Электроосаждение используется для того, чтобы отделить определенные металлы, которые могут быть покрыты металлом путем пропускания электрического тока через раствор их солей. Медь в сплавах может быть определена этим методом, если в образце нет других металлов, которые выпадают в таких же условиях [3].

Ошибки, сделанные в гравиметрическом анализе, обычно связаны с чистотой выделенного компонента. То есть, соединения, выпавшие в осадок очень нерастворимы, и незначительная ошибка возникает из-за незавершенности осадков. Однако получить осадок, который имеет чистоту 100% и точно соответствует составу, представленному химической формулой, значительно сложнее. Все гравиметрические методы подвержены некоторой степени погрешности из-за этой трудности.

1.1.2 Объемный анализ

Объемный анализ, любой метод количественного химического анализа, в котором количество вещества определяется путем измерения объема, который он занимает, или, в более широком смысле, объема второго вещества, которое объединяется с первым в известных пропорциях, более правильно называемых титриметрическим.

Первый метод иллюстрируется в процедуре, разработанной французским химиком, Жан-Батист-Андре Дюма, для определения доли азота в сочетании с другими элементами в органических соединениях. Взвешенный образец соединения сжигается в печи в условиях, обеспечивающих превращение всего азота в элементарный азот, N_2 . Азот переносится из печи в потоке диоксида углерода, который передается в сильный щелочной раствор, который поглощает диоксид углерода и позволяет азоту накапливаться в градуированной трубе. Массу азота можно рассчитать из объема, который он занимает при известных условиях температуры и давления, и, следовательно, можно определить долю азота в образце.

Объемный метод также применяется при анализе нитратов, которые можно преобразовать в оксид азота, NO , газ. Производство или потребление диоксида углерода во время биологических процессов часто измеряется объемно. Состав топливных газов и продуктов сгорания можно определить путем измерения изменений объема, которые происходят, когда образец последовательно обрабатывается реагентами, которые специфически поглощают такие компоненты, как диоксид углерода, монооксид углерода, кислорода и других [4].

1.2 Качественный химический анализ.

Качественный химический анализ - это метод анализа органических и неорганических веществ. Это раздел химии, который определяет соединения и элементы. Он не измеряет количество вещества, а рассматривает такие факторы, как цвет, запах, текстура, атомная структура и способность вещества проводить электричество или отражать свет.

Данный вид анализа всегда работает от большего к меньшему, что означает, что самые большие части образца идентифицируются первыми. Затем идентифицируются следующие большие части, и идентификация составляющих продолжается до тех пор, пока идентифицируемые части не будут в элементарной форме.

Для простого качественного анализа не требуются какие-либо инструменты, поскольку такие вещи, как цвет и запах, можно наблюдать без механической помощи. Другой предварительный анализ может включать использование простых инструментов, таких как ватные тампоны, пламя или источник тепла, такой как горелка Бунзена. Более сложные методы и инструменты включают спектроскопию, флуоресцентные тесты, хроматографию, полярографию и электрофорез. В общем, чем меньше анализируемая деталь, тем более сложное оборудование необходимо, поскольку некоторые элементарные свойства, такие как атомная структура, не могут быть обнаружены иначе.

Такой анализ имеет основное применение в медицинской и криминологической областях. Медицинский персонал может использовать качественный химический анализ в тестах и процедурах для лечения и диагностики пациентов. Судмедэксперты могут использовать качественный химический анализ для выявления веществ, оставленных на месте преступления, что может иметь жизненно важное значение для осуждения преступников. Качественный химический анализ также может быть использован в домашних условиях. Например, человек может сказать разницу между маргарином и маслом в том, как быстро они тают.

Качественный химический анализ можно рассматривать как отправную точку для полного анализа вещества, поскольку он не измеряет ничего, что можно описать цифрами (например, масса). Что бы узнать точное количество вещества, которое идентифицируется, можно использовать метод дополнительного анализа или количественный химический анализ [5].

1.3 Методики определения меди

В работе [6] выявляют и сравнивают аналитические возможности применения некоторых азореагентов для определения содержания меди в растворах ГСО медных сплавов в присутствии сульфат- и дигидрофосфат-ионов в качестве фоновых электролитов комплексометрическим и различными фотометрическими методами.

Для реализации автоматизированного спектрофотометрического многокомпонентного определения в работе [7] предложена схема мультикоммутационного циклического инъекционного анализа (МКЦИА). Возможности предложенной схемы исследованы на примере одновременного спектрофотометрического определения меди (II). Предел обнаружения для меди (II) составил 0,3 мкг/м³. Диапазон определяемых концентраций от 1 до 40 мкг/м³

В статье [8] представлены результаты исследования возможности определения ионов кадмия(II), свинца(II) и меди(II) потенциметрическими методами стандартных добавок, прямой потенциометрии и потенциметрическим титрованием в пределах концентрация находящихся за пределами нижней границы чувствительности электродов заявленной производителем, с использованием стандартных растворов определяемых ионов, а так же стандартных растворов определяемых ионов на фоне друг друга, а так же на фоне мешающих ионов, с последующим их удалением, отвечающим таким параметрам как простота исполнения. Диапазон концентрации 1×10^{-7} - 1×10^{-6} моль/дм³.

В работе [9] изучено использование ультразвука двух частот, а также импульсного ультразвука в анализе сахара и продуктов на его основе на содержание свинца, меди и кадмия. Определение меди проводили методом инверсионной вольтамперометрии. Относительное стандартное отклонение не превышало 0,12. Чувствительность определения меди 0,013 мг/кг.

В статье [10] проведено исследование массовых концентраций катионов меди в питьевой и талой снеговой воде, колориметрическим методом. Авторы статьи установили, что концентрация ионов меди в питьевой воде в условиях города не превышает ПДК. Но в природной воде содержание ионов меди превышает ПДК для водных объектов. Диапазон концентрации меди составил от 0,05 до 0,18 мг/л.

В стандарте [11] установлены три атомно-абсорбционных спектрофотометрических метода обнаружения меди в воде. Метод прямой атомно-абсорбционный с диапазоном концентрации от 0,05 до 5 мг/л. Метод атомно-абсорбционный с использованием экстракции с хелатообразованием с диапазоном концентрации от 50 до 500 мкг/л. И метод атомно-абсорбционный с использованием графитовой печи с диапазоном от 5 до 100 мкг/л.

Сенсорная мембрана [12] на основе 1-гидрокси-3,4-диметил-9Н-тиоксантен-9-она была разработана для определения ионов меди (II), которая демонстрирует отличные характеристики. Чувствительная мембрана способна определять медь (II) с выдающейся высокой селективностью в динамическом диапазоне от $1,6 \times 10^{-7}$ до $1,3 \times 10^{-2}$ М с пределом обнаружения $4,0 \times 10^{-7}$ М (25,1 частей на миллиард). Датчик показывает быстрое время отклика (<1 мин), и мембрану можно использовать более 6 месяцев без каких-либо значительных отклонений. Оптод показал очень хорошую селективность по отношению ко многим катионам, включая ионы щелочных, щелочноземельных, переходных и тяжелых металлов. Предложенный датчик можно использовать при нейтральном pH 7,5.

Применялся для определения меди в черном чае и в воде. Оптод также использовался при фотометрическом титровании иона меди (II) с помощью ЭДТА.

В работе [13] разработан чувствительный высокоселективный экспресс-тест, основанный на взаимодействии меди (I) тиокетоном Михлера, для обнаружения и полуколичественном определении 0,001-2 мг/л меди в природных и питьевых водах с использованием концентрирования с помощью портативного индикаторного устройства.

В работе [14] проведено определение малых количеств меди (II) в пробах воды. С пределом обнаружения при $t=60$ 7×10^{-8} М. Определение примесей меди проведено с использованием метода инверсионной вольтамперометрии.

Предложена тест шкала [15] для полуколичественного определения меди по реакции замещения свинца в диэтилдитиокарбаминате свинца на медь на поверхности сорбента силохром С-80. Данный анализ занимает 10 мин. Показана целесообразность использования цветометрических характеристик для количественного определения меди в диапазоне от 1 до 100 нг/мл. Проведен тест-анализ водопроводной и морской воды. Предел обнаружения (спектрофотометрическое определение при $pH_{\text{опт}} = 9,0-9,2$, $\lambda_{\text{макс}} = 440$ нм, $\varepsilon = 1,2 \cdot 10^4$) от 0,1 до 0,5.

В работе [16] реализована экономичная и простая в использовании матрица микрокапсул, изготовленная методом ледяной печати, для сверхчувствительного флуоресцентного количественного определения ионов меди с использованием функциональной стратегии нуклеиновых кислот. Этот метод позволяет добиться предела обнаружения до 100 нМ (100 фмоль/мкл)

На основании оптимальных условий реакции окисления дифениламин-4-сульфоната пероксомоносульфатом в работе [17] разработан метод каталитического определения меди в водных растворах. Данный метод имеет высокую чувствительность (0,02 мг/л) и достаточно селективен при прямом определении меди.

В работе [18] разработана тест-методика определения 5×10^{-7} - 1×10^{-3} М меди с использованием катализируемой ею реакции восстановления молибдофосфорной кислоты тиомочевинной, проводимой на твердом носителе – бумаге.

В статье [19] приведены результаты разработки методики атомно-эмиссионного спектрального определения меди в молибденовом концентрате способом вдувания порошков в угольную дугу переменного тока с диапазоном определения от 0,05 до 1,5 мас. %.

В [20] работе, показана возможность селективного определения меди (II) методом капиллярного электрофореза в различных объектах, используя прямое УФ-детектирование комплекса Cu(II)-ЭДТА в щелочной среде при положительной полярности. Предел обнаружения меди составляет 0,05 мг/дм³.

Предложена разработка [21] чувствительной методики кинетического фотометрического определения меди(II) в природных пресных и соленых водах методом проточно-инжекционного анализа, основанная на окислении гидрохинона пероксидом водорода в присутствии микроколичеств меди(II). Имеет низкий предел обнаружения 0,16 мкг/л и широкий диапазон определяемых содержаний 0,5-20 мкг/л.

В статье [22] изучена возможность определения меди в водах методом спектроскопии диффузного отражения с использованием глинистого минерала, модифицированного родамином Б. Предел обнаружения 0,6. Диапазон концентрации 1,8-100.

В работе [23] разработана методика экспрессного фотометрического определения меди в алюминиевых сплавах без предварительного отделения. Концентрация меди в растворе в пределах от 4 до 30 мкг/мл.

Для совершенствования методов оценки качества авиационных топлив разработана методика [24] по определению содержания меди в топливе после его коррозионного воздействия на конструкционные материалы. Диапазон концентрации меди от 0,05 до 4 мг/дм³.

В работе [25] показана одна из самых эффективных методик для определения ионов меди, инверсионная вольтамперометрия. Имеет низкий предел обнаружения ионов, высокую селективность, возможность одновременного определения органических и неорганических ионов, широким интервалом концентраций. Пределы обнаружения для меди достигают 10^{-9} – 10^{-10} .

В статье [26] была предложена простая и легкая стратегия для производства ярко-синих флуоресцентных AuNC через продукт разложения (DCTX) цефотаксима натрия, который вызывал восстановление HAuCl_4 , для обнаружения ионов меди в китайских растительных лекарственных средствах. Предлагаемый зонд имел линейный диапазон 0,01-40 мкМ, точность с относительным стандартным отклонением 1,2% ($n = 8$) и предел обнаружения 8 нМ (сигнал/шум = 3).

Целью работы [27] было внедрение потенциометрического определения меди в образцах рода *Veronica* (семейство Plantaginaceae). Содержание меди было потенциометрически проанализировано в 25 растительных образцах рода *Veronica* и в 12 их гидролатах. Анализируемые образцы были травяными образцами Вероники, собранными в основном в трех хорватских регионах - Далмации, Лике и Славонии, а также случайно выбранными образцами их гидролатов. Образцы Вероники были переварены в микроволновой печи с использованием азотной кислоты и смеси перекиси водорода. Потенциометрическое определение проводили с использованием коммерчески доступного CuISE для Cu^{2+} , используя потенциометрические методы.

В статье [28] используется метод DPASV для определения меди (II) в коммерческих образцах в водно/этанольной среде, такой как водопроводная вода, кашасовое и этанольное топливо, и результаты сравнивались со значениями, найденными с помощью пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии (FAAS). Предел обнаружения составил (LOD) как 0,74 мкг/л, а предел количественного определения (LOQ) составлял 2,48 мкг/л в воде/кашасе.

В работе [29] рассматривается новый и простой электроаналитический метод определения Cu^{2+} в образцах биодизеля методом инверсионного вольтамперометрического анализа. В этом методе используется электрод из углеродной пасты (CPE), модифицированный углеродом Vulcan, ранее функционализированный карбазоном (CBZ). Аналитический сигнал показал линейный отклик для концентраций Cu^{2+} в диапазоне от 6 до 190 нмоль/л ($r = 0,998$) с пределом обнаружения 1,2 нмоль/л.

Рассмотрен [30] быстрый, простой и экономичный метод извлечения, предварительного концентрирования и определения кобальта, никеля и меди в виде их 1- (2-пиридилазо) 2-нафтоловых (ПАН) комплексов на основе ультразвуковой эмульсионно-микроэкстракции с помощью ультразвука (USAEME) и многомерной калибровки спектрофотометрических данных. Предел обнаружения 0,14 нг/мл (Cu^{2+}). Относительное стандартное отклонение составило $<2,5\%$.

В работе [31] представлен новый радиометрический электрохимический биосенсор для двойного определения Cu^{2+} .

В исследовании [32] был разработан и описан новый метод одновременного определения катионов меди (II) и цинка (II) в смеси титриметрическими методами. Разработанный метод позволяет проводить анализ катионов одновременно с низкими пределами обнаружения, просто используя рН-электрод. Медь (II) и цинк (II) были определены одновременно с пределами обнаружения приблизительно 5 частей на миллион.

В работе [33] были изучены экологически чистые материалы для обнаружения ионов меди. Флуоресцентное излучение кверцетина (Q) наблюдалось в буферном растворе ($\text{pH} = 7,40$), и (2-гидроксипропил) - β -циклодекстрин (CD) мог усиливать интенсивность флуоресценции Q. УФ / видимый спектр показал, что Q- Система CD была сформирована. Предел обнаружения ионов меди составляет $2,3 \times 10^{-8}$ моль/л.

В данной [34] работе был рассмотрен новый колориметрический и флуорометрический сенсор с уникальным двухканальным излучением для

последовательного обнаружения Cu^{2+} и сероводорода (H_2S) был синтезирован из нафталиimid-родамина В с помощью механизма PET и FRET. Датчик показал селективный «выключенный» ответ флуоресценции с увеличением в 120 раз по отношению к Cu^{2+} . Пределы обнаружения составили 0,26 мкМ и 0,17 мкМ для измерений в УФ-диапазоне и флуоресценции соответственно.

В работе [35] рассматривается, успешно синтезированный колориметрический зонд, основанный на производном трипантрина (TR-A). Зонд демонстрирует хорошую селективность и чувствительность к Cu^{2+} в отношении 12 конкурирующих ионов металлов в 10 мМтрис-НСl буферном растворе (рН 5,5). Зонд с пределом обнаружения (16 нМ, $R_2 = 0,9934$) показывает превосходный потенциал для определения Cu^{2+} в аналитических системах.

В ГОСТ 4388-72 [36] рассмотрены колориметрические методы определения меди в питьевой воде.

Метод с применением реактива диэтилдитиокарбамата натрия основан на взаимодействии ионов двухвалентной меди с диэтилдитиокарбаматом натрия в слабоаммиачном растворе с образованием диэтилдитиокарбамата меди, окрашенного в желто-коричневый цвет. В разбавленных растворах диэтилдитиокарбамат меди образует коллоидные растворы, для большей устойчивости которых добавляют раствор крахмала. Для устранения мешающего влияния железа и жесткости воды добавляют раствор сегнетовой соли. Предел обнаружения от 0,02 до 0,5 мг/дм³.

Метод с применением реактива диэтилдитиокарбаматом свинца основан на обменной реакции, происходящей в кислой среде (рН 1-2) между диэтилдитиокарбаматом свинца, растворенным в четыреххлористом углероде, и ионами меди. Карбамат меди окрашен в желтый цвет, а карбамат свинца бесцветен. При замещении свинца медью слой четыреххлористого углерода окрашивается в желтый цвет. Предел обнаружения от 0,002 до 0,06 мг/дм³.

Фотометрический метод с применением реактива пикрамин-эпсилон основан на образовании в кислой среде (раствор концентрации 0,2 моль/дм³ по

соляной кислоте) комплекса иона меди с реагентом пикрамин-эпсилон (2,4-динитрофенол-(6-азо-2)-1-нафтол-3,8-дисульфокислота), окрашенного в красно-фиолетовый цвет. Определению не мешает ни один из всех возможных компонентов питьевых вод. Предел обнаружения от 0,1 до 1,2 мг/дм³.

В работе [37] представлен твердофазный спектрофотометрический метод определения меди(II) с неocupроином, иммобилизованным в прозрачной полиметакрилатной матрице. Предлагаемый способ основан на восстановлении Cu(II) до Cu(I) в растворе образца и образовании окрашенного комплекса Cu(I) с неocupроином в полиметакрилатной матрице с максимумом поглощения при 450 нм. Предложенный метод был использован для анализа питьевой воды на содержание Cu(II). Диапазон определяемых концентраций составляет 0,05-0,30 мг/л с пределом обнаружения 0,018 мг/л.

Предложен высокоселективный и чувствительный полярографический метод [38] дифференциальной импульсной анодной зачистки для определения ультраследовых количеств ионов Cu²⁺ в пробах воды. Метод основан на разделении и предварительном концентрировании Cu²⁺ на мембранном диске с октадецилсвязанным диоксидом кремния.

Новый метод [39] выделения точек микрозеркала (МСРЕ) был разработан как быстрый, простой и экономичный метод концентрирования для спектрофотометрического определения содержания Zn, Cu и Hg в пробах воды. В отличие от традиционного извлечения точки помутнения, этот метод не требует нагрева. В оптимизированных условиях калибровочная кривая оказалась линейной в диапазоне концентраций 0.15-0.60, 0.02-0.10 и 0.30-0.80 мг/л. для Zn, Cu и Hg соответственно с пределом обнаружения 51.7, 9.8 и 13.1 мкг/л.

Для определения следовых количеств ионов меди (Cu(II)) и ионов никеля (Ni(II)) с помощью твердофазной экстракции с помощью XAD-4-N, N'-бис-(непосредственное концентрирование) были разработаны методы [40] прямого концентрирования и спектрофотометрические методы. Спектрофотометрический метод был основан на измерениях поглощения

цветных хелатов ионов комплексообразования с DMMDTC, и адсорбции комплексных решений были измерены при их максимальных пиках поглощения при 460 и 328 нм для Cu(II) и Ni(II) соответственно. Было установлено, что калибровочные графики были линейными в диапазонах 0,02-3 и 0,02-2,5 мг/л с пределами обнаружения 5 и 7 мкг/л, для Cu(II) и Ni(II) соответственно.

Изобретение [41] относится к области аналитической химии элементов, а именно к методам определения меди, и может быть использовано при ее определении в технологических растворах, минеральных кислотах, природных и техногенных водах. В способе определения меди, включающем приготовление раствора меди(II), переводение ее в комплексное соединение сорбентом и измерение коэффициента диффузного отражения, в качестве сорбента используют силикагель, химически модифицированный меркаптопропильными группами, при этом обрабатывают сорбент с сорбированной медью $1 \cdot 10^{-5}$ - 1×10^{-4} М раствором тиокетона Михлера в 40-60%-ном растворе этилового спирта в воде и измеряют коэффициент диффузного отражения поверхностного комплекса меди (I) при 540 нм.

Для определения меди в объектах различного вещественного состава широко используется фотометрический метод, характеризующийся достаточно высокой чувствительностью и селективностью, простотой выполнения определения и не требующий дорогостоящего оборудования.

Способ характеризуется простотой выполнения, не требует использования дорогостоящего оборудования, позволяет более чем в 40 раз снизить предел обнаружения меди по сравнению со способом - прототипом.

Таблица 1 - влияние рН раствора на величину предела обнаружения меди.

Условия проведения эксперимента	рН				
	1	2	4	6	8
Предел обнаружения, мкг Cu на 0,1 г сорбента	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

Таблица 2 - влияние концентрации тиокетона Михлера на величину предела обнаружения меди

Условия проведения эксперимента	Концентрация тиокетона Михлера, М				
	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
Предел обнаружения, мкг Си на 0,1 г сорбента	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2

Таблица 3 - влияние концентрации этилового спирта на величину предела обнаружения меди

Условия проведения эксперимента	Концентрация этилового спирта, % об.				
	30	40	50	60	70
Предел обнаружения, мкг Си на 0,1 г сорбента	0,4	0,1	0,1	0,1	0,3

Характеристика оптической сенсорной мембраны [42] описана для определения меди (II) на основе иммобилизации дитизон на триацетилцеллюлозной мембране. Этот оптод имеет линейный диапазон 0,83 - 16,28 моль/л (52,7 - 1034 нг/мл) для ионов Cu^{2+} с пределом обнаружения 0,2 моль/л (12,7 нг/мл) на длине волны 611 нм. Время отклика оптода находится в пределах 5–8 мин в зависимости от концентрации ионов Cu^{2+} . Селективность оптода по отношению к иону Cu^{2+} в присутствии ионов других металлов, включая Pb^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Cd^{2+} , Bi^{3+} , Fe^{3+} и Al^{3+} , высока, за исключением иона Hg^{2+} в качестве основного вмешательства, которое можно устранить с помощью йодида в качестве маскирующего агента. Датчик может быть легко регенерирован растворами тиомочевины. Датчик может быть полностью регенерирован, а цвет полностью обратим.

Описана простая и чувствительная методика [43] спектрофотометрического определения Cu(II) в воде с предварительной

экстракцией полиметакрилатной матрицей, модифицированной диэтилдитиокарбаминатом свинца. Оптическую плотность твердой фазы измеряют при 430 нм, используя интервал концентраций 0,1-1,0 мг/л. Предел обнаружения составляет 0,015 мг/л при объеме пробы 50 мл. Время анализа - до 30 мин. Приведены результаты определения меди(II) в питьевой воде.

Установлены оптимальные условия взаимодействия меди с метилтимоловым синим (МТС) [44] в фазе полимерного анионообменника АВ-17х8-С1. Показано, что максимальное извлечение (86,1%) Cu(II) достигается при pH=1 за 24 ч. контакта фаз из объема 50 см³. Двухсекундное ультразвуковое воздействие позволяет сократить время установления равновесия до 20 мин. и повысить извлечение меди до 96%. Рассмотрен химизм комплексообразования и сорбции в изучаемой системе. Установлено, что соотношение компонентов в комплексе Cu:МТС-А = 1:1. Коэффициент концентрирования составляет 1000 см³/г. Полученные данные использованы для создания новой методики твердофазного спектрофотометрического определения меди. Закон Бера соблюдается в интервале концентраций Cu(II) (0,32-3,2) 10⁻⁵ М, предел обнаружения в оптимальных условиях определения - 0,2 мкг/см³ (V = 50 см³), λ_{опт} = 580 нм. Реакция селективна.

1.4 Показатели качества количественных методик определения веществ

В качестве основных показателей, по которым проводили оценку качества методик определения меди и сравнение их между собой, выбрали:

- Используемый в методике растворитель для оценки безопасности методики определения меди для людей и окружающей среды в целом;

Растворитель, вещество, обычно жидкость, в которой другие материалы растворяются, чтобы сформировать раствор.

- Полярные растворители (например, вода) способствуют образованию ионов S;

– Неполярные (например, углеводороды) нет.

Растворители, могут быть преимущественно кислотными, преимущественно основными, амфотерными (оба) или апротонными (ни один). Органические соединения, используемые в качестве растворителей, включают ароматические соединения и другие углеводороды, спирты, эсеры, этеры, кетоны, амины, а также нитарные и галогенированные углеводороды. Их основное применение - в качестве среды для химического синтеза, в качестве промышленных чистящих средств, в добывающих процессах, в фармацевтике, в чернилах, а также в красках и лаках.

Типы растворителей:

Химическая классификация растворителя основана на его химической структуре.

- Углеводородные растворители подразделяются на три подгруппы в зависимости от типа «углеродного скелета» их молекул, что дает нам семейства алифатических, ароматических и парафиновых растворителей. Разбавитель краски является распространенным примером углеводородного растворителя.
- Кислородсодержащие растворители получают путем химических реакций с олефинами (полученными из нефти или природного газа), что дает нам следующие подгруппы: спирты, кетоны, сложные эфиры, простые эфиры, простые эфиры гликолей и сложные эфиры гликолевых эфиров. Организм человека вырабатывает кетоны, когда сжигает жир.
- Галогенированные растворители представляют собой растворители, которые содержат галоген, такой как хлор, бром или йод. Многие люди признают в качестве примера перхлорэтилен - высокоэффективный растворитель, используемый в химической чистке.

Рисунок 1 - Анионообменник АВ-17×8.



Рисунок 2 – Силикагель.



Рисунок 3 – Триацетилцеллюлоза.



Рисунок 4 – Поливинилхлорид.



Рисунок 5 - Полиметилметакрилат.



- ДОС (Диапазон определяемых содержаний) – область содержаний определяемого вещества в анализируемом объекте, которые можно определить с помощью данной методики;
- ПО предел обнаружения — минимальная концентрация или минимальное количество вещества, которое может быть обнаружено данной методикой с заданной степенью достоверности. Снижение предела обнаружения является важнейшей задачей в развитии всех методов анализа [45];
- Время для проведения анализа. Соответственно, чем меньше времени на проведение анализа требуется, тем быстрее и удобнее его проведение.

2. Практическая часть

2.1 Анализ наиболее перспективных методик количественного определения меди и сравнение их показателей качества

Обзор литературных источников позволил выявить наиболее перспективные методики определения меди в различных объектах окружающей среды.

В таблице 4, приведен сравнительный анализ выбранных методик.

Известен способ колориметрического определения массовой концентрации меди в питьевой воде [36]. Метод основан на обменной реакции, происходящей в кислой среде между диэтилдитиокарбаминатом свинца, растворенным в четыреххлористом углероде, и ионами меди. При протекании замещения слой четыреххлористого углерода окрашивается в желтый цвет.

Недостатком способа является трудоемкость проведения экстракционного выделения и использование в большом количестве вредных для здоровья людей органических растворителей.

В настоящее время для определения различных веществ, все чаще, используют комбинированные методы, сочетающие сорбционное выделение определяемых элементов сорбентами различной природы и последующее определение непосредственно в твердой фазе методами спектроскопии, которые оказываются очень эффективными и позволяют повысить селективность определения и достичь снижения пределов обнаружения. Кроме того, используя метод твердофазной спектроскопии, зачастую удается избежать использования токсичных растворителей и обеспечить экологическую безопасность анализа.

В литературе в качестве твердофазных сорбентов при определении меди чаще всего используют такие, как силикагели, ионообменники, триацетилцеллюлозную и поливинилхлоридные мембраны, а также различные оптически прозрачные полимеры, в том числе и на основе акриловых сополимеров.

Известна методика твердофазно-спектрофотометрического определения меди (II) с использованием реагента метилтимолового синего [44]. Способ заключается в концентрировании ионов меди (II) из раствора с рН 1 на анионообменнике АВ-17×8, модифицированном реагентом, образовании окрашенного комплекса меди с метилтимоловым синем в твердой фазе и измерении оптической плотности твердых концентратов при $\lambda=580$ нм.

По сравнению с методикой, рекомендованной ГОСТ, происходит сокращение времени анализа объектов на содержание меди, и данная методика на основе использования анионообменника не требует использования вредных растворителей. Недостатком предложенной методики является невозможность определения меди на уровне ПДК, например, в питьевых водах, а также трудоемкость измерения аналитического сигнала, т.к. необходимо достижение максимально возможной плотности укладки гранул анионообменника в кюветах для получения достоверных результатов.

В работе [41] предложена методика определения меди с использованием силикагеля методом диффузной отражательной спектроскопии. Сорбционное выделение меди (II) из растворов проводят химически модифицированным силикагелем, затем происходит взаимодействию меди (II) с меркаптопропильными группами на поверхности сорбента и ее восстановление до меди (I) с последующим отделением и обработкой сорбента $1 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-4}$ М раствором реагента в 50%-ном этаноле. В результате на поверхности силикагеля образуется окрашенное в красный цвет комплексное соединение. Измеряют коэффициент диффузного отражения сорбента и проводят оценку содержания меди (II) по градуировочному графику.

Отличительными достоинствами этой методики являются очень низкий предел обнаружения и высокая экспрессность анализа. К незначительным недостаткам предложенной методики относится сложность применения оборудования для измерения коэффициента диффузного отражения силикагеля.

В качестве носителей реагентов при разработке методов определения с использованием твердофазных сорбентов, основанных на измерении светопоглощения, лучше использовать различные прозрачные полимеры.

Авторами работы [12] разработан способ определения меди (II) с использованием оптического селективного сенсора на основе поливинилхлорида с нанесенным реагентом. В качестве твердофазного реагента для сенсора использовали производное тиоксантена. Определение меди заключается в измерении поглощения твердофазного сорбента при 480 нм после ее контакта с раствором меди (II) в динамическом режиме.

Данная методика не позволяет проводить определение меди на уровне ПДК во многих объектах окружающей среды, однако, обладает наибольшей экспрессностью из всех представленных методик, т.к. время отклика составляет 1 мин.

Триацетилцеллюлозную мембрану в качестве твердофазного сорбента предлагают использовать в работе [42]. Показана возможность определения меди методом спектрофотометрии. Сорбционное выделение меди из растворов с проводят с помощью прозрачной мембраны с нанесенным на нее дитизоном. В результате взаимодействия сорбента с раствором меди на поверхности сорбента происходит образование окрашенного комплекса и затем проводят измерение поглощения этого комплекса при длине волны 611 нм.

Кроме того, как показано в одной из работ [43] использование сорбентов позволяет проводить экспрессное полуколичественное визуально-тестовое определение меди, в том числе на месте отбора проб и без использования лабораторного оборудования.

Рисунок 1 - сканированное изображение образцов полиметакрилатной матрицы с иммобилизованным диэтилдитиокарбаминатом свинца (II) после контакта с раствором меди.



Показана применимость методики на основе полимерной матрицы [37] для определения меди в воде и витаминных препаратах. Преимуществом данной методики является простота выполнения определения и экспрессность. Кроме того, предложенная методика определения меди не требует использования токсичных растворителей и других вредных веществ и является безопасной для здоровья людей в отличие от ранее известного метода, рекомендуемого ГОСТ.

Таблица 4 – Методики количественного определения меди с использованием твердофазных сорбентов и методика регламентированная нормативным документом

Метод	Реагент	Растворитель	ДОС, мг/л	ПО, мг/л	Время анализа, мин.
1. Спектрофотометрический [36]	Диэтилдитиокарбамат свинца	Четыреххлористый углерод	0.002 до 0.06	0.002	32
2. Твердофазно-спектрофотометрический [44]	Метилтимоловый синий на анионообменнике АВ-17×8	нет	0.2033-2.0335	0.2033	20
3. Диффузного отражения [41]	Тиокетон Михлера на силикагеле	Этиловый спирт	0.01-10	0.001	7
4. Оптический медный (II) - селективный датчик [12]	Производное тиоксанта на поливинилхлориде	нет	0.025- 826	0.025	1
5. Оптический сенсор [42]	Дитизон на триацетилцеллюлозной мембране	нет	0.05 – 1.0	0.013	5-8
6. Твердофазно-спектрофотометрический [43]	Диэтиэдитиокарбаминат свинца на полимерной матрице	нет	0,1-1.0	0.015 при объеме пробы 50 мл	30
7. Твердофазно-спектрофотометрический [37]	Неокупроин на полимерной матрице	нет	0.05-0.30	0.018	15

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Потенциальные потребители исследовательской работы - внутренние потребители предприятия - персонал и руководство.

Задачи, которые необходимо решить для достижения данной цели:

- провести SWOT-анализ научного исследования;
- разработать график проведения работ по научному исследованию;
- рассчитать бюджет работы;
- оценить эффективность исследовательской работы.

3.2 SWOT-анализ научно-исследовательской работы

SWOT-анализ – это метод, который основывается на выявлении сильных и слабых сторон организации, возможностей и угроз внешней среды. Для исследования необходимо сформировать группу экспертов, которая путем совещания определяет сильные и слабые стороны организации, а также возможности и угрозы, после чего следует выявление всех комбинаций факторов: сильные стороны и возможности, сильные стороны и угрозы, слабые стороны и возможности, слабые стороны и угрозы. В конечном итоге делаются выводы, исходя из полученных результатов, на какие факторы компании стоит обратить внимание, а какие не требуют вмешательства.

В таблице 5 описаны сильные и слабые стороны НИР, выявлены возможности и угрозы реализации работы, которые могут появиться в ее внешней среде.

Таблица 5 — Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательской работы:	Слабые стороны научно-исследовательской работы:
	<p>С1.Актуальность и востребованность</p> <p>С2.Достаточность необходимых ресурсов</p> <p>С3.Уменьшение расходов на выявление</p> <p>С4.Повышение качества продукции</p> <p>С5.Повышение эффективности работы</p>	<p>Сл1.Финансовые потери</p> <p>Сл2.Трудоемкость процесса</p> <p>Сл3. Временные потери</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1.Выявление лучшего метода</p> <p>В2.Привлечение внешних специалистов</p> <p>В3.Выявление возможностей методов</p> <p>В4.Создание условий для продуктивной работы</p> <p>В5.Повышение качества продукции и услуг</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1.Неготовность сотрудников к изменениям</p> <p>У2. Низкая взаимосвязь между методами</p>		

Далее выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательской работы внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень

необходимости проведения стратегических изменений. Для этого была построена интерактивная матрица проекта, которая представлена в таблице 6.

Таблица 6 - Интерактивная матрица проекта (сильные стороны - возможности)

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	0	+	0	-	+
	B2	0	+	+	+	+
	B3	+	+	+	0	0
	B4	+	+	+	0	+
	B5	+	+	+	+	+

По результатам данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и возможностей: B1C2C5, B2C2C3C4C5, B3C1C2C3, B4C1C2C3, B5C1C2C3C4C5.

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта (слабые стороны - возможности)

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	0
	B2	+	+	+
	B3	0	+	+
	B4	0	0	+
	B5	+	-	0

По результатам данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможностей: B1Сл1, B2Сл1Сл2Сл3, B3Сл2Сл3, B4Сл1Сл3, B5Сл1.

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта (сильные стороны - угрозы)

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	+	+	+
	У2	-	-	+	0	0

По результатам данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и угроз: У1С3С4С5, У2С3.

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта (слабые стороны - угрозы)

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	+
	У2	0	0	+

По результатам данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и угроз: У1У2Сл3.

Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 10.

Таблица 10 - SWOT- анализ

	Сильные стороны научно-исследовательской работы:	Слабые стороны научно-исследовательской работы:
	<p>С1.Актуальность и востребованность</p> <p>С2.Достаточность необходимых ресурсов</p> <p>С3.Уменьшение расходов на выявление</p> <p>С4.Повышение качества продукции</p> <p>С5.Повышение эффективности работы</p>	<p>Сл1.Финансовые потери</p> <p>Сл2.Отрыв сотрудников от работы</p> <p>Сл3. Временные потери</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1.Выявление лучшего метода</p> <p>В2.Привлечение внешних специалистов</p> <p>В3.Выявление возможностей методов</p> <p>В4.Создание условий для продуктивной работы</p> <p>В5.Повышение качества продукции и услуг</p>	<p><i>Выявление лучшего актуального метода для определения меди позволит сократить расходы, а также поднять эффективность. Повышение эффективности работы поможет добиться улучшения качества продукции и услуг.</i></p>	<p><i>Выявление лучшего метода и дальнейший переход на него ведут к крупным финансовым потерям, а также временным. Проведение тренингов с внешними специалистами требуют отрыва сотрудников от своих прямых обязанностей</i></p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1.Неготовность сотрудников к изменениям</p> <p>У2. Низкая взаимосвязь между методами</p>	<p><i>Актуальность и востребованность, достаточность необходимых ресурсов и перспективы улучшения организационного климата мотивируют сотрудников на изменения.</i></p>	<p><i>Неготовность сотрудников к изменениям может увеличить финансовые и временные потери</i></p>

3.3 Структура работ в рамках научно-исследовательского проекта

Планирование научно-исследовательской работы имеет важное значение для рациональной организации научного труда. Заранее продуманный план, строгая последовательность выполнения заданий, систематический самоконтроль - залог успешной работы. Разработка НИР производится группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – руководителя и инженера.

Планирование ВКР состоит из:

- определения участников и перечня работ, необходимых для достижения поставленной цели;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Перечень этапов, работ и исполнителей представлен в Таблице 11.

Таблица 11 — Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, Инженер
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Анализ доступных материалов по теме	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретические исследования	5	Изучение основных понятий по количественным методам определения. Проведение анализа направлений совершенствования методов	Инженер
Исследовательская работа	6	Анализ социально-экономической характеристики	Инженер
	7	Анализ внешней и внутренней среды	Инженер
	8	Анализ существующей на предприятии организационной культуры	Инженер

Продолжение Таблицы 11 - Перечень этапов, работ и распределение
исполнителей

Исследовательская работа	6	Анализ социально-экономической характеристики	Инженер
	7	Анализ внешней и внутренней среды	Инженер
	8	Анализ существующей на предприятии организационной культуры	Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Анализ полученных данных	Инженер
	10	Разработка рекомендаций по совершенствованию организационной культуры	Инженер
	11	Оформление проекта кодекса корпоративной культуры	Инженер
	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер
Оформление отчета по НИР	13	Согласование проделанной работы с научным руководителем	Руководитель, инженер
	14	Оформление итогового отчета ВКР	Инженер

3.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}$$

где $t_{ожі}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

t_{mini} — минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

t_{maxi} — максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

где T_{pi} — продолжительность одной работы, раб. часах;

$t_{ожі}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-часах;

$Ч_i$ — численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

3.5 Разработка графика проведения научного исследования

В данном разделе для построения графика проведения научного исследования используется диаграмма Ганта, которая необходима для расчета времени на проделанные работы.

Диаграмма Ганта — горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}$$

где T_{ki} — продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;

T_{pi} — продолжительность выполнения i -ой работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ — коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

где $k_{\text{кал}}$ — коэффициент календарности;

$T_{\text{кал}}$ — количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ — количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ — количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения T_{ki} необходимо округлить до целого числа. Все расчетные значения сведены в Таблицу 12.

Таблица 12 — Временные показатели проведения научного исследования

№	Вид работы	Трудоемкость работы			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
		t_{min} , чел.-дни	t_{max} , чел.-дни	$t_{\text{ож}}$, чел.-дни			
1	Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	Научный руководитель, Инженер	0,9	1
2	Подбор и изучение материалов по теме	7	12	9	Инженер	9	11
3	Анализ доступных материалов по теме	7	14	9,8	Инженер	9,8	12
4	Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	Руководитель, Инженер	0,9	1
5	Изучение основных понятий по методам определения меди. Проведение анализа методов.	7	16	10,6	Инженер	10,6	13

Продолжение Таблицы 12 — Временные показатели проведения научного
исследования

6	Анализ социально-экономической характеристики методов	6	12	8,4	Инженер	8,4	10
7	Анализ внешней и внутренней среды	7	16	10,6	Инженер	10,6	13
8	Анализ существующих на предприятии методов	10	20	14	Инженер	14	17
9	Анализ полученных данных	2	4	2,8	Инженер	2,8	3
10	Разработка рекомендаций по совершенствованию методов	4	10	6,4	Инженер	6,4	8
11	Оформление предварительных результатов	4	10	6,4	Инженер	6,4	8
12	Оценка эффективности полученных результатов	1	3	1,8	Руководитель, Инженер	0,9	1
13	Согласование проделанной работы с научным руководителем	1	4	2,2	Руководитель, Инженер	1,1	1
14	Оформление итогового отчета ВКР стандарту	3	7	4,6	Инженер	4,6	6

На основе Таблицы 12 строится календарный план-график, представленный в Таблице 13. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках ВКР с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 13 – Диаграмма Гантта

Вид работ	Исполнители	Кол-во дней, T_{ki}	Продолжительность выполнения работ														
			Дек.	Январь		Февраль			Март			Апрель			Май		
			3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Научный руководитель, Инженер	1	■														
2	Инженер	11	■	■	■												
3	Инженер	12		■	■	■											
4	Руководитель, Инженер	1															■
5	Инженер	13				■	■	■									
6	Инженер	10							■	■	■						
7	Инженер	13							■	■	■						
8	Инженер	17									■	■	■	■			
9	Инженер	3											■	■	■		
10	Инженер	8												■	■	■	
11	Инженер	8													■	■	■
12	Руководитель, Инженер	1															■
13	Руководитель, Инженер	1															■
14	Инженер	6															■



- инженер



- руководитель

3.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы;
- формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

3.6.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi}$$

где, m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (в пределах 15-25%).

В данной работе к материальным затратам можно отнести: бумага, ручки, ежедневник, USB-накопитель, интернет-модем, калькулятор.

Материальные затраты, необходимые для данной работы, указаны в таблице 14.

Таблица 14 — Материальные затраты

Наименование материала	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы Z_m , руб.
Бумага	Лист	150	2	300
Ручки	Шт.	2	40	80
Ежедневник	Шт.	1	150	150
Интернет-модем	Месяц	6	550	3300
Итого				3830

Для выполнения данной научно-технической работы не требуется использование специального оборудования или программного обеспечения. Общие материальные затраты составили 3830 руб.

3.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} ,$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 14);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. Таблица 15.

Таблица 15 — Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	44	48
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275

Месячный годовой оклад работника (руководителя):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 процентов от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 16 — Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, тыс руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, тыс руб	$Z_{\text{дн}}$, тыс руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, тыс руб.
Руководитель	33,664	0,3	0,4	1,3	74,397	2,976	4	11,904
Инженер	26,3	0	0	1,3	34,19	1,504	86	157,92
Итого $Z_{\text{осн}}$								169,824

Основная заработная плата научного руководителя составила 11,904 тыс. руб., заработная плата инженера – 157,92 тыс. рублей. Общая основная заработная плата составила 169,824 тыс. рублей.

3.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}$$

где, $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

При коэффициенте равном 0,12, дополнительные заработные платы студента и руководителя равны:

$$Z_{\text{доп.руководителя}} = 0,12 * 11,904 = 1,428 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_{\text{доп.инженера}} = 0,12 * 157,92 = 18,950 \text{ тыс. руб.}$$

Дополнительная заработная плата научного руководителя составляет 1,428 тыс. руб., а дополнительная заработная плата инженера — 18,950 тыс. руб.

3.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На основании пункта 1 ст.58 Федерального закона от 24.07. 2009 №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году вводится пониженная ставка страховых взносов — 27,1 %. Расчет отчислений во внебюджетные фонды представлена в Таблице 17.

Таблица 17 — Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб.	Дополнительная заработная плата, тыс. руб.
Научный руководитель	11,904	1,428
Инженер	157,92	18,950
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Отчисления	Инженер: 47,932	Руководитель: 3,613
Итого		

Отчисления во внебюджетные фонды от инженера составляют 47,923 тыс.руб., от руководителя — 3,613 тыс.руб. Суммарное значение отчислений составляет 51,545 тыс.руб.

3.6.5 Накладные расходы

Формула для расчета накладных расходов:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) * k_{\text{нр}}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, накладные расходы равны: $Z_{\text{накл}} = (3830 + 169824 + 20378 + 51545) * 0,16 = 39292$ руб.

Таблица 18 — Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Руководитель	Инженер
1. Материальные затраты НТИ	3830	
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	11904	157920
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	1428	18950
4. Отчисления во внебюджетные фонды	3613	47932
Накладные расходы	39292	
Бюджет затрат НТИ		

Бюджет НТИ составил руб.

3.6.6 Определение эффективности исследования

Для определения эффективности научного исследования используется расчет интегрального показателя эффективности, который основывается на нахождении двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяем по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \Phi_{ri} / \Phi_{\text{max}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научного исследования.

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Руководитель	Инженер
Совершенствование организационной культуры	0,2	5	4
Улучшение качества работы персонала	0,2	4	5
Повышение эффективности деятельности	0,25	5	5
Привлечение новых сотрудников	0,15	4	4
Улучшение качества продукции	0,2	5	4
Итого:	1		

$$I_{p-исп1} = 5 * 0,2 + 4 * 0,2 + 5 * 0,25 + 4 * 0,15 + 5 * 0,2 = 4,65$$

$$I_{p-исп2} = 4 * 0,2 + 5 * 0,2 + 5 * 0,25 + 4 * 0,15 + 4 * 0,2 = 4,45$$

Эффективность данной исследовательской работы состоит в том, что применение ее результатов, позволит выявить более эффективный и менее затратный метод для определения меди.

Проведенный SWOT-анализ позволил выявить сильные и слабые стороны разрабатываемого проекта, его возможности и угрозы, а также взаимосвязь между ними. В рамках планирования научной работы была составлена структура работ, разработан графика этих работ и определены их трудоемкости. Календарный план-график ВКР позволил наглядно оценить начало и окончание работы. Так же был рассчитан бюджет исследования, который составил 284869 рублей.

4. Социальная ответственность

4.1. Введение

Результатом данной выпускной квалификационной работы является оценка эффективности использования твердофазных сорбентов для повышения качества аналитической методики определения меди. Разработка данной документированной информации направлена на повышение результативности использования твердофазных сорбентов для количественного определения меди.

Выполнение работы происходит в рабочем кабинете за персональным компьютером. Возможными пользователями документированной информации являются сотрудники организации, задействованные в данной деятельности.

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места менеджера в соответствии с техникой производственной безопасности, нормами производственной санитарии и охраны окружающей среды.

В соответствии с международным стандартом ICCSR 26000:2011 «Социальная ответственность организации» цель данного раздела – принятие проекторных решений, исключающих несчастные случаи в производстве и снижение вредных воздействий на окружающую среду.

4.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.2.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

4.2.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 6 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под

углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина - 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте.

4.3. Производственная безопасность

Оценка эффективности использования твердофазных сорбентов для повышения качества аналитической методики подразумевает использование электронной вычислительной машины (ЭВМ) и серверного оборудования, с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке математической модели или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

4.3.1. Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [1]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы:

Таблица 20: Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программного модуля

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Оценка эффективности использования твердофазных сорбентов для повышения качества аналитической методики с помощью серверного оборудования. Компьютеры, мониторы, принтеры, кондиционер.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень электромагнитных полей; 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Повышенная или пониженная влажность, температура и скорость движения воздуха; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. электробезопасность; 2. пожаровзрывобезопасность. 	<p>СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03</p> <p>СанПиН 2.2.2.542-96</p> <p>СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03</p> <p>СанПиН 2.2.4.1191-03</p> <p>СП 52.13330.2011</p> <p>СанПиН 2.2.4.548-96</p> <p>СН 2.2.4/2.1.8.562-96</p> <p>ГОСТ 30494-2011</p>

4.3.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов.

При выполнении работы основным источником опасных факторов является ЭВМ, а также электрический ток, являющийся источником питания для оборудования. Использование данного оборудования может привести к наличию таких вредных факторов, как повышенный уровень статического

электричества, повышенный уровень электромагнитных полей, повышенная напряженность электрического поля.

К основной документации, которая регламентирует вышеперечисленные вредные факторы относится СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы":

ЭВМ должны соответствовать требованиям настоящих санитарных правил и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке.

Допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых ЭВМ, не должны превышать значений [3], представленных в таблице 21:

Таблица 21: Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ

Наименование параметров	Диапазон	ДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25нТл
Поверхностный электростатический потенциал экрана видеомонитора		15кВ/м

Требования к электрической безопасности при работе на ЭВМ:

Для предотвращения поражения электрическим током помещения, где размещаются рабочие места с ЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

Не следует размещать рабочие места с ЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ЭВМ. [4]

Согласно разделу 1.1.13 правил устройства электроустановок (ПУЭ) [18] классификация помещений по степени опасности поражения электрическим ток подразумевает разделять помещения на три отдельных категории, характеризующих степень опасности:

1. Особо опасные;
2. С повышенной опасностью.
3. Без повышенной опасности.

Помещение, предназначенное для исследования и использования результатов исследования, относится к третьей категории. Помещения без повышенной опасности - это помещения, в которых отсутствует сырость, высокая температура, токопроводящие полы, токопроводящая пыль, химическая среда. В данную категорию входят помещения, характеризующиеся пониженной влажностью воздуха (до 75%), оборудованные при необходимости вентиляционной системой и отоплением. Кроме того, полы в таких помещениях должны быть не токопроводящими.

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ЭВМ:

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно

устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. [6]

В качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп. В светильниках местного освещения допускается применение ламп накаливания, в том числе галогенные.

Таблица 22: Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения помещений жилых зданий [4]

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость плоскость нормирования КЕО и освещенности, и высота плоскости и над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО $e_{н}$, %		КЕО $e_{н}$, %		Освещенность рабочих поверхностей, лк	Показатель дисконтности, не более	Коэффициент пульсации освещенности, не более
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении			
Кабинеты	Г-0,0	3,0	1,0	1,8	0,6	300	-	-

Требования к уровню шума

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, определяемые по формуле:

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0}$$

где P - среднеквадратичная величина звукового давления, Па;

P_0 - исходное значение звукового давления в воздухе, равное $2 \cdot 10^{-5}$ Па;

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест, разработанные с учетом категорий тяжести и напряженности труда, представлены в таблице 23:

Таблица 23: Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

N пп.	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентны е уровни звуча (дБА)
		3 1, 5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Требования к микроклимату

В помещениях жилых и общественных зданий следует обеспечивать оптимальные или допустимые параметры микроклимата в обслуживаемой зоне. Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы, связанные с нервно-эмоциональным напряжением (на постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.).

Согласно нормативно-технической документации при нормировании параметров микроклимата выделяют холодный период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной $+10^{\circ}\text{C}$ и ниже и теплый период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$. Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма в ккал/ч (Вт). [43]

Лаборатория является помещением I а категории (с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением), поэтому должны соблюдаться следующие требования, приведенные в таблице 24:

Таблица 24 – Оптимальные параметры микроклимата во всех типах помещений с использованием ПЭВМ [49]

Температура, °С	Относ. влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
19	62	< 0,1
20	58	< 0,1
21	55	< 0,1

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 26[7]:

Таблица 26 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ.

Для создания и автоматического поддержания в лаборатории независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Кондиционер представляет собой вентиляционную установку, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

4.4. Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

4.4.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.

С точки зрения влияния на окружающую среду можно рассмотреть влияние серверного оборудования при его утилизации.

Большинство компьютерной техники содержит бериллий, кадмий, мышьяк, поливинилхлорид, ртуть, свинец, фталаты, огнезащитные составы на основе брома и редкоземельные минералы [44]. Это очень вредные вещества, которые не должны попадать на свалку после истечения срока использования, а должны правильно утилизироваться.

Утилизация компьютерного оборудования осуществляется по специально разработанной схеме, которая должна соблюдаться в организациях:

1. На первом этапе необходимо создать комиссию, задача которой заключается в принятии решений по списанию морально устаревшей или не рабочей техники, каждый образец рассматривается с технической точки зрения.
2. Разрабатывается приказ о списании устройств. Для проведения экспертизы привлекается квалифицированное стороннее лицо или организация.
3. Составляется акт утилизации, основанного на результатах технического анализа, который подтверждает негодность оборудования для дальнейшего применения.
4. Формируется приказ на утилизацию. Все сопутствующие расходы должны отображаться в бухгалтерии.
5. Утилизацию оргтехники обязательно должна осуществлять специализированная фирма.

б. Получается специальная официальной формы, которая подтвердит успешность уничтожения электронного мусора.

После оформления всех необходимых документов, компьютерная техника вывозится со склада на перерабатывающую фабрику. Все полученные в ходе переработки материалы вторично используются в различных производственных процессах. [9]

4.4.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.

Процесс исследования представляет из себя работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация, а также разработка математической модели с помощью различных программных комплексов. Таким образом процесс исследования не имеет влияния негативных факторов на окружающую среду.

4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.5.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 ЧС - это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям".

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

1. Пожары, взрывы;
2. Внезапное обрушение зданий, сооружений;

3. Геофизические опасные явления (землетрясения);
4. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления;

Так как объект исследований представляет из себя математическую модель, работающий в программном приложении, то наиболее вероятной ЧС в данном случае можно назвать пожар в аудитории с серверным оборудованием. В серверной комнате применяется дорогостоящее оборудование, не горючие и не выделяющие дым кабели. Таким образом возникновение пожаров происходит из-за человеческого фактора, в частности, это несоблюдение правил пожарной безопасности [45]. К примеру, замыкание электропроводки - в большинстве случаев тоже человеческий фактор. Соблюдение современных норм пожарной безопасности позволяет исключить возникновение пожара в серверной комнате.

- Согласно СП 5.13130.2009 предел огнестойкости серверной должен быть следующим: перегородки - не менее EI 45, стены и перекрытия - не менее REI 45. Т.е. в условиях пожара помещение должно оставаться герметичным в течение 45 минут, препятствуя дальнейшему распространению огня.

- Помещение серверной должно быть отдельным помещением, функционально не совмещенным с другими помещениями. К примеру, не допускается в помещении серверной организовывать мини-склад оборудования или канцелярских товаров.

- При разработке проекта серверной необходимо учесть, что автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) должна быть обеспечена электропитанием по первой категории (п. 15.1 СП 5.13130.2009).

- Согласно СП 5.13130.2009 в системах воздуховодов общеобменной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха защищаемых помещений следует предусматривать автоматически закрывающиеся при

обнаружении пожара воздушные затворы (заслонки или противопожарные клапаны).

4.5.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Задачи пожарной профилактики можно разделить на три комплекса мероприятий:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);
- пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;
- обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно НПБ 104-03 "Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях" для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Также помещения должны быть оснащены средствами пожаротушения, а именно огнетушителями типа ОУ-2, ОУ-5 или ОП-5 (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники).

Согласно НПБ 105-03 помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу В1 – пожароопасное:

Таблица 27: Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
В1 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б

Заключение

В ходе выполнения дипломной работы было проанализировано большое число методик количественного определения меди и изучены показатели их качества с целью выбора наиболее перспективных методик, позволяющих проводить экспрессное определение количественного содержания меди в объектах и обеспечивающих безопасность для людей и окружающей среды.

Показано, что современные методы определения меди с использованием твердофазных сорбентов являются более качественными, чем методы, которые использовали раньше. Главным преимуществом данных методов является отсутствие токсичных растворителей, что обеспечивает экологическую безопасность анализа. Сокращение времени анализа (экспрессность анализа объектов на содержание в них меди), расширение диапазона определяемых содержаний меди и снижение предела обнаружения, все эти показатели подтверждают то, что качество современных методик определения меди повышается по сравнению с ранее предложенными.

В результате выполнения дипломной работы были достигнуты следующие результаты:

Изучены методики определения меди, представленные в зарубежных и отечественных базах данных «Scopus», «Elibrary» и «Кодекс»;

Выявлены сорбенты, используемые в методиках определения меди;

Проведена оценка качества методик определения меди по выбранным показателям с использованием сорбентов.

Установлено, что качество современных методик определения меди с использованием твердофазных сорбентов различного типа значительно повышается по сравнению с ранее предложенной, регламентированной ГОСТ 4388-72.

Список используемых источников

1. СанПин 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. / Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 48, 2001.
2. Количественный химический анализ. [Электронный ресурс] / Британская энциклопедия.: Химия, 2017. –Режим доступа к ст.: <https://www.britannica.com/science/quantitative-chemical-analysis>
3. Гравиметрический анализ. [Электронный ресурс] / Британская энциклопедия.: Химия, 2016. –Режим доступа к ст.: <https://www.britannica.com/science/gravimetric-analysis>
4. Объемный анализ. [Электронный ресурс] / Британская энциклопедия.: Химия, 2015. –Режим доступа к ст.: <https://www.britannica.com/science/volumetric-analysis>
5. Качественный химический анализ. [Электронный ресурс] / Британская энциклопедия.: Химия, 2016. –Режим доступа к ст.: <https://www.britannica.com/science/qualitative-chemical-analysis>
6. Л.В. Трубачева, С.Ю. Лоханина, А.С. Антонова. Исследование аналитических возможностей некоторых азореагентов содержания меди в её сплавах. [Электронный ресурс] / Вестник Удмуртского университета.: Химия, 2007. -№8. –С. 127-142. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9549359>
7. К.С. Фультес, А.В. Булатов, А.Л. Москвин, Л.Н. Москвин. Мультикоммутационная схема циклического инъекционного анализа применительно к спектрофотометрическому определению никеля, меди и цинка в аэрозолях воздуха. [Электронный ресурс] / Аналитика и контроль.: -2013. –Т.17. –№3. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20244180>
8. В.И. Боган, М.Б. Ребезов. Совершенствование потенциометрического метода определения токсичных элементов на примере определения свинца, кадмия и меди. / Экологические проблемы биохимии и технологии [Электронный ресурс] / Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии».: -2014. –Т.2. –№3. –С. 53-60. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22011488>
9. Юрченко О.И., Калинин О.С., Бакланов А.Н., Белова Е.А., Бакланова Л.В. Ультразвук в определении свинца, меди и кадмия в сахаре и

- продуктах на его основе. [Электронный ресурс] / Международный научный журнал. Теоретическая и прикладная наука.: -2016. –Т.3. –№1. – С. 158-163. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25469218>
10. Никулина Т.Д., Богатова И.Б. Оценка качества воды при определении меди колориметрическим методом. [Электронный ресурс] / Молодежь и XXI век.: -2016. –Т.4.–С. 35-38. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25604733>
 11. ГОСТ Р 54276-2010 Вода. Методы определение меди. -М.: Стандартиформ, 2011. [Электронный ресурс] / Кодекс. –Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200085224>
 12. AbdollahYari, NaderehAfshari. An optical copper(II)-selective sensor based on a newly synthesized thioxanthone derivative, 1-hydroxy-3,4-dimethylthioxanthone// Sensor and actuators B. 2006. V 107. P. 53-58
 13. О.В. Гайдук, Р.П. Панталер, Н.Н. Гребенюк, В.М. Островская. Экспрессное определение ионов меди (I,II) с помощью реактивной индикаторной бумаги. [Электронный ресурс] / Журнал аналитической химии.: -2009. –Т. 64. -№2. С. 216-220. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11685166>
 14. А.И. Каменев, Р. Катенаире, А.А. Ищенко. Инверсионно-вольтамперометрическое определение меди и висмута на ртутно-пленочном углеситалловом электроде. [Электронный ресурс] / Вестн.Моск. Ун-та. Сер.2. Химия. -2004. -Т. 45. –№4. С. 255-257. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=8819476>
 15. В.М. Иванов, Г.А. Кочелаева. Сорбционно-цветометрическое и тест определение меди в водах. [Электронный ресурс] / Вестн.Моск. Ун-та. Сер.2. Химия. -2001. -Т. 42. –№2. С. 103-105. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=1451759>
 16. He, E., Cai, L., Zheng, F., Zhou, Q., Guo, D., Zhou, Y., Zhang, X., Li, Z. Rapid Quantitative Fluorescence Detection of Copper Ions with Disposable Microcapsule Arrays Utilizing Functional Nucleic Acid Strategy. [Электронный ресурс] / ScientificReports. -2019. –Vol.9. №1. –Режим доступа к ст.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85059828916&doi=10.1038%2fs41598-018-36842-x&origin=inward&txGid=566890c95a9127caf9be6fb329583c09>
 17. Н.И. Гуменный, В.К. Зинчук. Новая индикаторная реакция для определения ультрамалых количеств меди кинетическим методом

- [Электронный ресурс] / Журнал аналитической химии. -2008. -Т. 63. -№3. С. 330-334. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9934993>
18. Т.Б. Починок, Т.В. Сынькова, Т.Н. Шеховцова, З.А. Темердашев. Каталитическое тест-определение меди на твердом носителе. [Электронный ресурс] / Журнал аналитической химии. -2007. –Т. 62. -№2. С. 204-207. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9508504>
19. А.Г. Змитревич, А.А. Пупышев. Разработка методики атомно-эмиссионного спектрального определения меди в молибденовом концентрате способом вдувания порошков в дуговой разряд. [Электронный ресурс] / Аналитика и контроль. – 2010. –Т. 14. -№4. –С. 214-219. Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15340950>
20. Л.К. Неудачина, Е.Л. Лебедева. Определение ионов меди(II) методом капиллярного зонного электрофореза в виде комплекса с этилендиаминтетрауксусной кислотой. [Электронный ресурс] / Аналитика и контроль. – 2012. –Т. 16. -№2. –С. 162-168. Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17738507>
21. А.В. Мозжухин, А.Л. Москвин, Ю.С. Худяков. Проточно-инжекционное фотометрическое определение микроколичеств меди (II) в природных водах. [Электронный ресурс] / Журнал аналитической химии.: -2013. –Т. 68. -№3. С. 247-251. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18758149>
22. А.Ш. Рамазанов, Е.Г. Касим. Определение меди, цинка, кадмия и свинца в воде методом спектроскопии диффузного отражения. [Электронный ресурс] / Аналитика и контроль.: -2015. –Т. 19. -№3. С. 259-267. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24144977>
23. Х.А. Мирзаев, З.М. Шихахмедова, М.А. Бабуев. Определение меди в алюминиевых сплавах. [Электронный ресурс] / Вестник Дагестанского научного центра.: -2014. -№54. С. 37-40. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24197183>
24. Д.А. Миков, Н.Г. Кравченко, В.А. Петрова, А.Е. Кутырев. Определение содержания меди в авиационных топливах методом атомно-абсорбционной спектрометрии. [Электронный ресурс] / Труды ВИАМ.: -2015. -№10. С. 12. –Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24323902>
25. Симакова Н.Б. Определение меди в природных водах и технологических растворах физико-химическими методами. [Электронный ресурс] /

- Научный альманах.: -2015. –Т. 8. -№10. –С. 1036-1038. Режим доступа к ст.: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24277309>
26. Ye C.A, Wang Y.A, Wang S.A, Wang Z.B. Fabrication of cefotaxime sodium-functionalized gold nanoclusters for the detection of copper ions in Chinese herbal medicines. [Электронный ресурс] / RSC Advances.: -2019. –Vol. 9. -№9. –Р. 5037-5044. Режим доступа к ст.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85061906321&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Fabrication+of+cefotaxime+sodium-functionalized+gold+nanoclusters+for+the+detection+of+copper+ions+in+Chinese+herbal+medicines&st2=&sid=08a104f9b559e4ec0d34edd41f0feabd&sot=b&sdt=b&sl=141&s=TITLE-ABS-KEY%28Fabrication+of+cefotaxime+sodium-functionalized+gold+nanoclusters+for+the+detection+of+copper+ions+in+Chinese+herbal+medicines%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
27. Prkić A.A., Mitar I.B., Giljanović J.A, Nazlić M.C., Kremer D.D, Andelić I.B., Vuletić N.B., Dunkić V.C. Potentiometric determination of copper in herbal material and hydrolats of Veronica species (family Plantaginaceae). [Электронный ресурс] / International Journal of Electrochemical Science.: -2018. –Vol. 13. -№13. –Р. 11923-11930. Режим доступа к ст.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85058162656&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=faffbdc070fb6fdb5b8d0b6e8b4c0fa0&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%221%22%2ct%2bscopubyr%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2bscosubjabbr%2c%22CHEM%22%2ct&sl=38&s=TITLE-ABS-KEY%28Determination+of+copper%29&relpos=11&citeCnt=0&searchTerm=>
28. Villis P.C., Gomes W.C., Silva F.B., dos Santos D.R., Silveira G.B, de Moraes A.B., Blasques R.V., Nunes G.S., Pissetti F.L., Gushikem Y.D., Lucho A.M. Copper(II) trace determination in aqueous/ethanolic medium using an ionic imprinted hybrid. [Электронный ресурс] / International Journal of Electrochemical Science.: -2018. –Vol. 13. -№11. –Р. 10564-10586. Режим доступа к ст.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85056339991&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=faffbdc070fb6fdb5b8d0b6e8b4c0fa0&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%221%22>

- <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85041111268&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=faffbdc070fb6fdb5b8d0b6e8b4c0fa0&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%221%22%2ct%2bscopybyr%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2bscopybjabr%2c%22CHEM%22%2ct&sl=38&s=TITLE-ABS-KEY%28Determination+of+copper%29&relpos=19&citeCnt=0&searchTerm=>
29. Freitas T.A., Lima M.J., Marques A.L., Marques E.P., Luz R.C., Bezerra C.W. Development of a novel and simple electroanalytical procedure for the determination of copper in biofuel employing a sensor based on vulcan functionalized with carbazone. [Электронныйресурс] / Journal of the Brazilian Chemical Society.: -2018. –Vol. 29. -№4. –P. 671-679. Режим доступа к ст.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85041111268&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=faffbdc070fb6fdb5b8d0b6e8b4c0fa0&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%221%22%2ct%2bscopybyr%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2bscopybjabr%2c%22CHEM%22%2ct&sl=38&s=TITLE-ABS-KEY%28Determination+of+copper%29&relpos=39&citeCnt=0&searchTerm=>
30. Doroudi Z.A., Niazi A.B. Ultrasound-assisted emulsification-microextraction and spectrophotometric determination of cobalt, nickel and copper after optimization based on Box-Behnken design and chemometrics. [Электронныйресурс] / Polish Journal of Chemical Technology.: -2018. –Vol. 20. -№1. –P. 21-28. Режимдоступакст.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85045916621&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=faffbdc070fb6fdb5b8d0b6e8b4c0fa0&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%221%22%2ct%2bscopybyr%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2bscopybjabr%2c%22CHEM%22%2ct&sl=38&s=TITLE-ABS-KEY%28Determination+of+copper%29&relpos=45&citeCnt=2&searchTerm=>
31. Yu Y.A., Wang P.B., Zhu X.B., Peng Q.A., Zhou Y.B., Yin T.A., Liang Y.C., Yin X.A. Combined determination of copper ions and β -amyloid peptide by a single ratiometric electrochemical biosensor.[Электронныйресурс] / Analyst.: -2018. –Vol. 143. -№1. –P. 323-331. Режим доступа к ст.:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85038637557&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=faffbdc070fb6fdb5b8d0b6e8b4c0fa0&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%221%22%2ct%2bscopybyr%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2bscopybjabr%2c%22CHEM%22%2ct&sl=38&s=TITLE-ABS-KEY%28Determination+of+copper%29&relpos=45&citeCnt=2&searchTerm=>

- [bbr%2c%22CHEM%22%2ct&sl=38&s=TITLE-ABS-KEY%28Determination+of+copper%29&relpos=51&citeCnt=3&searchTerm=](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85048034938&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=faffbdc070fb6fdb5b8d0b6e8b4c0fa0&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%221%22%2ct%2bscopubyr%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2bscosubjabbr%2c%22CHEM%22%2ct&sl=38&s=TITLE-ABS-KEY%28Determination+of+copper%29&relpos=51&citeCnt=3&searchTerm=)
32. CansuErgün E.G., Kenar A.B. Simultaneous determination of copper(II) and zinc(II) via simple acid-basetitrimetry using glass pH electrode. [Электронныйресурс] / Turkish Journal of Chemistry.: -2018. –Vol. 42. -№2. –Р. 257-263. Режимдоступакст.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85048034938&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=faffbdc070fb6fdb5b8d0b6e8b4c0fa0&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%221%22%2ct%2bscopubyr%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2bscosubjabbr%2c%22CHEM%22%2ct&sl=38&s=TITLE-ABS-KEY%28Determination+of+copper%29&relpos=53&citeCnt=0&searchTerm=>
33. Yang S.A., Jiang W.B., Tang Y.A., Xu L.B., Gao B.A., Xu H.C. Sensitive fluorescent assay for copper(ii) determination in aqueous solution using quercetin-cyclodextrin inclusion. [Электронный ресурс] / RSCAdvances.: -2018. –Vol. 8. -№66. –Р. 37828-37834. Режим доступа к ст.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85056827806&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=faffbdc070fb6fdb5b8d0b6e8b4c0fa0&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%221%22%2ct%2bscopubyr%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2bscosubjabbr%2c%22CHEM%22%2ct&sl=38&s=TITLE-ABS-KEY%28Determination+of+copper%29&relpos=54&citeCnt=0&searchTerm=>
34. Wang S., Ding H., Wang Y., Fan C., Tu Y., Liu G., Pu S. An “off-on-off” sensor for sequential detection of Cu 2+ and hydrogen sulfide based on a naphthalimide-rhodamine B derivative and its application in dual-channel cell imaging. [Электронный ресурс] / RSCAdvances.: -2018. –Vol. 8. -№58. –Р. 33121-33128. Режим доступа к ст.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85054782422&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=faffbdc070fb6fdb5b8d0b6e8b4c0fa0&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%221%22%2ct%2bscopubyr%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2bscosubjabbr%2c%22CHEM%22%2ct&sl=38&s=TITLE-ABS-KEY%28Determination+of+copper%29&relpos=85&citeCnt=0&searchTerm=>

35. Liang Y.A., Wang X.A., Fang H.B., Han N.B., Wang C.A., Xiao Z.C., Zhu A.C., Liu J.A. A highly selective and sensitive colorimetric probe for Cu²⁺ determination in aqueous media based on derivative of tryptanthrin. [Электронный ресурс] / Analytical Sciences.: -2018. –Vol. 34. -№10. –P. 1111-1115. Режим доступа к ст.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85054778307&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=faffbdc070fb6fdb5b8d0b6e8b4c0fa0&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%22%22%2ct%2bscopubyr%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2bscosubjabbr%2c%22CHEM%22%2ct&sl=38&s=TITLE-ABS-KEY%28Determination+of+copper%29&relpos=68&citeCnt=0&searchTerm=>
36. ГОСТ 4388-72 Вода питьевая. Методы определение массовой концентрации меди (с Изменением №1). -М.: Стандартинформ, 2011. [Электронный ресурс] / Кодекс. –Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200012572>
37. Gavrilenko, N.A., Saranchina, N.V., Gavrilenko, M.A. The determination of copper (II) using neocuproine immobilized in a polymethacrylate matrix. [Электронный ресурс] / AnalitikaiKontrol.: -2016. –Vol. 20. -№4. –P. 330-336. Режим доступа к ст.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85015669652&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=solid-phase+spectrophotometric+of+copper&st2=&sid=e43c01b729ae232604bec43ab39fc8bd&sot=b&sdt=b&sl=55&s=TITLE-ABS-KEY%28solid-phase+spectrophotometric+of+copper%29&relpos=11&citeCnt=2&searchTerm=>
38. Payehghadr, M., Nourifard, F. Determination of ultra trace copper in water samples by differential pulse polarography after solid phase extraction. [Электронный ресурс] / Orbital.: -2017. –Vol. 9. -№5. –P. 354-359. Режим доступа к ст.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85040029217&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Solid-phase+determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=10db2af7dd499628ac804f8686ef3363&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%22%22%2ct&sl=50&s=TITLE-ABS-KEY%28Solid-phase+determination+of+copper%29&relpos=5&citeCnt=0&searchTerm=>
39. Ghasemi, E., Kaykhaii M. Determination of zinc, copper, and mercury in water samples by using novel micro cloud point extraction and UV-Vis

spectrophotometry. [Электронный ресурс] Eurasian Journal of Analytical Chemistry.: -2017. –Vol. 12. -№4. –P. 313-324. Режим доступа: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85013081360&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=spectrophotometric+determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=6401f7684ed3e6185a9edc6520996cb1&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%221%22%2ct%2bscopusbyr%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2c%222017%22%2ct&sl=57&s=TITLE-ABS-KEY%28spectrophotometric+determination+of+copper%29&relpos=7&citeCnt=4&searchTerm=>

- <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85013081360&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=spectrophotometric+determination+of+copper&nlo=&nlr=&nls=&sid=6401f7684ed3e6185a9edc6520996cb1&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%221%22%2ct%2bscopusbyr%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2c%222017%22%2ct&sl=57&s=TITLE-ABS-KEY%28spectrophotometric+determination+of+copper%29&relpos=7&citeCnt=4&searchTerm=>
40. Topuz, B., Adanur, Ş.M., Yalçuk, A. A new method for simultaneous determination of trace amounts of Cu(II) and Ni(II) ions by preconcentration and spectrophotometric analysis. [Электронный ресурс] Turkish Journal of Chemistry.: -2017. –Vol. 41. -№5. –P. 619-629. Режим доступа: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85033777259&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=spectrophotometric+determination+of+Cu&nlo=&nlr=&nls=&sid=276b2f9ed768c2fcfb421d2f26d63e3f&sot=b&sdt=cl&cluster=scoopenaccess%2c%221%22%2ct%2bscopusbyr%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2c%222017%22%2ct&sl=53&s=TITLE-ABS-KEY%28spectrophotometric+determination+of+Cu%29&relpos=9&citeCnt=2&searchTerm=>
41. Лосев В.Н., Буйко Е.В. Пат. 2291422, Россия, МПК G 01N 31/22, G 01 N 21/76. Способ определения меди / - № 2005134748/04; заявл. 2005.11.09; опубл. 2007.01.10
42. Safavi A. Design of a copper (II) optode based on immobilization of dithizone on a triacetylcellulose membrane // Sensors and Actuators B. 2005. V. 107. P. 53–58. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-18644363324&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Safavi&nlo=&nlr=&nls=&sid=9c09aebb78da89a0835d392749d663b8&sot=b&sdt=cl&cluster=scoprefnameauuid%2c%22Safavi%2c+A.%237006671359%22%2ct%2bscopusbyr%2c%222005%22%2ct&sl=19&s=AUTHOR-NAME%28Safavi%29&ref=%28Design+of+a+copper%29&relpos=0&citeCnt=40&searchTerm=>

43. Гавриленко Н.А., Саранчина Н.В. Твердофазная экстракция и спектрофотометрическое определение меди (II) с использованием полиметакрилатной матрицы // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2008. Т. 74. № 1. С. 6-8.
44. Е.Е. Костенко. Твердофазное спектрофотометрическое определение меди (II) с применением метилтимолового синего // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. № 1. 2008. Т. 74. С. 9-13
45. Основные характеристики методики анализа. [Электронный ресурс] / Студопедия.: Химия, 2019. –Режим доступа к ст.: <https://studopedia.org/1-16739.html>