

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология  
 Отделение химической инженерии

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Определение ряда водорастворимых витаминов группы В в составе детских БАД</b> |

УДК 577.164-047.44:664.022.3

Студент

| Группа | ФИО                        | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---------|------|
| 2Д5Б   | Лоскутова Лилия Николаевна |         |      |

Руководитель ВКР

| Должность  | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОХИ | Дорожко Е.В. | К.Х.Н.                    |         |      |

Консультант

| Должность     | ФИО            | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|---------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент ОХИ | Вишенкова Д.А. | К.Х.Н.                    |         |      |

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность   | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН | Рыжакина Т.Г. | К.Э.Н.                    |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность  | ФИО             | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ООД | Винокурова Г.Ф. | К.Т.Н.                    |         |      |

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОХИ       | Михеева Е.В. | К.Х.Н.                    |         |      |

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

| Код<br>результата                          | Результат обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>Профессиональные компетенции</i></b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| P1                                         | Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности                                                                                                                                                          |
| P2                                         | Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач                                                                                                                                                                                                                 |
| P3                                         | Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии                                                                                                                                    |
| P4                                         | Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды                                                                                           |
| P5                                         | Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий                                                                                                                                                                                                            |
| P6                                         | Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды |
| <b><i>Универсальные компетенции</i></b>    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| P7                                         | Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                |
| P8                                         | Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                 |
| P9                                         | Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности                                                                                                                                                                     |
| P10                                        | Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации                                                                          |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки (специальность): 18.03.01 Химическая технология  
Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      Михеева Е.В. (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

|                     |
|---------------------|
| бакалаврской работы |
|---------------------|

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО                         |
|--------|-----------------------------|
| 2Д5Б   | Лоскутовой Лилии Николаевне |

Тема работы:

|                                                                           |                      |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Определение ряда водорастворимых витаминов группы В в составе детских БАД |                      |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)                               | 3624/с от 08.05.2019 |

|                                          |  |
|------------------------------------------|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: |  |
|------------------------------------------|--|

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Исходные данные к работе</b>                                               | В качестве объектов исследования взять детские БАД; разработать методику пробоподготовки коммерческих БАД для определения качественного и количественного составов детских БАД методом флуориметрии |
| <b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> | Провести литературный обзор по тематике научно-исследовательской работы; описать используемое оборудование в аналитической части; представить методики проведения экспериментов;                    |

|                                                                                             |                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                                                                             | проанализировать полученные результаты; сделать выводы по работе. |
| <b>Перечень графического материала</b>                                                      | Графический материал полученных результатов                       |
| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b><br>(с указанием разделов) |                                                                   |
| <b>Раздел</b>                                                                               | <b>Консультант</b>                                                |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                             | Рыжакина Татьяна Гавриловна                                       |
| Социальная ответственность                                                                  | Винокурова Галина Федоровна                                       |

|                                                                                                 |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

| Должность     | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОХИ    | Дорожко Е.В.   | к.х.н.                 |         |      |
| Ассистент ОХИ | Вишенкова Д.А. | к.х.н.                 |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                        | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---------|------|
| 2Д5Б   | Лоскутова Лилия Николаевна |         |      |

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа содержит: 95 страниц, 30 рисунков, 40 таблиц, 69 источников.

**Ключевые слова:** водорастворимые витамины группы В, тиамин, рибофлавин, никотиновая кислота, пиридоксин, фолиевая кислота, биологически-активные добавки, оптические методы анализа, спектрофотометрия, флуориметрия.

**Объектом исследования являются** коммерческие детские БАД.

**Цель работы:** определение содержания ряда водорастворимых витаминов группы В в составе детских БАД методом флуориметрии.

В научно – исследовательской работе был определен качественный и количественный составы детских БАД с использованием оптических методов анализа.

**В результате исследования** были изучены оптические свойства некоторых водорастворимых витаминов группы В методами спектрофотометрии и флуориметрии; предложена флуориметрическая методика совместного количественного определения данных витаминов; разработана методика пробоподготовки анализа реальных образцов.

**В будущем планируется** разработать рекомендации для использования полученных результатов НИР в фармацевтической отрасли, медицинских учреждениях и лабораториях, занимающиеся разработкой БАД.

Предложенный метод флуориметрического определения некоторых водорастворимых витаминов группы В по сравнению со спектрофотометрическим более чувствителен и позволяет добиваться более низких пределов обнаружения. Кроме того, флуориметрия характеризуется большей селективностью, т.к. люминесценцией обладает меньший круг соединений, в то же время избирательность можно повысить подбором длин возбуждения и регистрации сигнала, изменением pH раствора.

## **Обозначения и сокращения**

НИР – научно исследовательская работа

БАД – биологически-активные добавки

В<sub>1</sub> – витамин тиамин гидрохлорид

В<sub>2</sub> – витамин рибофлавин

В<sub>3</sub> – витамин никотиновая кислота

В<sub>6</sub> – витамин пиридоксин

В<sub>9</sub> – витамин фолиевая кислота

ВЭЖХ – высоко-эффективная жидкостная хроматография

УФ – ультрафиолетовая

МС – масс-спектрометрия

ЖХ-ДМД – жидкостная хроматография с диодно-матричным детектированием

ЖХ-МС – жидкостная хроматография с масс-спектрометрией

ИР – изотопное разбавление

ИР-МС – изотопное разбавление с масс-спектрометрией

$\lambda_{\text{возб.}}$  – длина волны возбуждения, нм

$\lambda_{\text{рег.}}$  – длина волны регистрации, нм

ЧС – чрезвычайные ситуации

СИЗ – средства индивидуальной защиты

## Оглавление

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Реферат .....                                                                           | 5  |
| Обозначения и сокращения .....                                                          | 6  |
| Введение .....                                                                          | 9  |
| Глава 1. Литературный обзор .....                                                       | 12 |
| 1.1. Физико-химические свойства витаминов .....                                         | 12 |
| 1.1.1 Физико-химические свойства витамина В <sub>1</sub> .....                          | 12 |
| 1.1.2 Физико-химические свойства витамина В <sub>2</sub> .....                          | 13 |
| 1.1.3 Физико-химические свойства витамина В <sub>3</sub> .....                          | 14 |
| 1.1.4 Физико-химические свойства витамина В <sub>5</sub> .....                          | 15 |
| 1.1.5 Физико-химические свойства витамина В <sub>6</sub> .....                          | 15 |
| 1.1.6 Физико-химические свойства витамина В <sub>9</sub> .....                          | 16 |
| 1.1.7 Физико-химические свойства витамина В <sub>12</sub> .....                         | 17 |
| 1.2 Методы определения витаминов группы В .....                                         | 19 |
| 1.4 Влияние pH на аналитический сигнал при спектрофотометрическом определении .....     | 22 |
| Глава 2. Экспериментальная часть .....                                                  | 24 |
| 2.1 Оборудование, химическая посуда .....                                               | 24 |
| 2.2. Реактивы .....                                                                     | 26 |
| 2.3. Объекты исследования .....                                                         | 27 |
| 2.4 Методика эксперимента .....                                                         | 29 |
| 2.4.1 Методика флуориметрического определения некоторых водорастворимых витаминов ..... | 29 |
| 2.4.2 Методика пробоподготовки .....                                                    | 30 |

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....                                                                  | 33 |
| 4.1. Общая характеристика НИР .....                                                                                                             | 33 |
| 4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения ..... | 34 |
| 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....                                                                                  | 34 |
| 4.1.2. Анализ конкурентных технических решений .....                                                                                            | 34 |
| 4.1.3. SWOT-анализ .....                                                                                                                        | 35 |
| 4.2. Планирование научно-исследовательских работ .....                                                                                          | 39 |
| 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....                                                                                      | 39 |
| 4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....                                                                                        | 46 |
| 4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ .....                                                                                                     | 46 |
| 4.3.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ ...                                                                      | 47 |
| 4.3.3 Расчет основной заработной платы .....                                                                                                    | 48 |
| 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....                                                                             | 50 |
| 4.3.5 Накладные расходы .....                                                                                                                   | 50 |
| 4.3.6 Формирование бюджета затрат НТИ .....                                                                                                     | 51 |
| 4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....             | 51 |
| Список публикаций по НИР .....                                                                                                                  | 55 |

## **Введение**

**Актуальность работы.** На сегодняшний день родителей беспокоит необходимость приема витаминов, эффективность и безопасность использования определенных витаминных комплексов для своих детей, а также вопрос о том, каким именно витаминам следует отдавать предпочтение и почему.

Научно доказано, что недостаток витаминов в пище приводит к развитию гиповитаминоза. При употреблении в пищу фруктов и овощей не исключены аллергические проявления у ребенка к тому или иному продукту питания. На основании чего, для обеспечения поступления достаточного количества витаминов в организм ребенка, родители зачастую отдают предпочтение коммерческим витаминам, витаминно-минеральным комплексам и биологически активным добавкам (БАД).

Производство БАД недостаточно контролируется законодательством, зачастую невозможно сделать вывод об их составе и безопасности, так как производитель не всегда указывает данную информацию на упаковке продукции.

Интерес к исследованию детских БАД возникает в основном из-за широкого потребления подобной продукции среди населения и массовыми продажами на фармацевтическом рынке. Большинство детских БАД могут не соответствовать нормам по количеству витаминов в своем составе.

**Целью** научно-исследовательской работы (НИР) является определение содержания ряда водорастворимых витаминов группы В в составе детских БАД методом флуориметрии.

Достижение поставленной цели предполагает решение следующих **задач**:

- 1) исследовать спектральные свойства витаминов группы В методами спектрофотометрии и флуориметрии;

2) разработать методику совместного определения витаминов группы В в образцах коммерческих детских БАД методом флуориметрии;

3) разработать методику пробоподготовки образцов, содержащих витамины группы В;

4) провести количественный анализ витаминов группы В в составе коммерческих детских БАД методом флуориметрии.

**В качестве объектов исследования** были выбраны наиболее популярные коммерческие детские БАД: «Алфавит» (производство Россия), «M.V. Teen» (производство США).

#### **Научная новизна.**

Впервые изучены закономерности влияния рН при многокомпонентном определении витаминов группы В методом флуориметрии. Ранее, опираясь на источники литературы, витамины группы В определяли при  $\text{pH} < 7$ . При том, что совместного флуориметрического определения витаминов:  $\text{B}_1$ ,  $\text{B}_2$ ,  $\text{B}_3$ ,  $\text{B}_6$ ,  $\text{B}_9$  не проводилось. В работе предложена методика пробоподготовки, и подобрано значение рН среды для совместного определения витаминов группы В.

#### **Практическая значимость.**

Разработанная методика может быть рекомендована для использования в фармацевтической отрасли, медицинских учреждениях и лабораториях, занимающиеся разработкой и исследованием БАД.

Предложенный метод флуориметрического определения некоторых водорастворимых витаминов группы В по сравнению со спектрофотометрическим более чувствителен и позволяет добиваться более низких пределов обнаружения. Кроме того, флуориметрия характеризуется большей селективностью, т.к. люминесценцией обладает меньший круг соединений, в то же время избирательность можно повысить подбором длин возбуждения и регистрации сигнала, изменением рН раствора.

**Апробация работы.** Основные результаты ВКР докладывались и обсуждались на:

1. XIX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулева студентов и молодых учёных «Химия и химическая технология в XXI веке» (Томск, 2018);
2. XX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулева студентов и молодых учёных «Химия и химическая технология в XXI веке» (Томск, 2019).

**Публикации.** По результатам НИР опубликовано 4 печатные работы.

**Структура и объем работы.** ВКР изложена на 95 страницах машинописного текста, содержит: 30 рисунков, 40 таблиц, состоит из введения, 5 глав, заключения, списка цитируемой литературы, включающего 69 наименований.

## Глава 1. Литературный обзор

### 1.1. Физико-химические свойства витаминов

Перед началом исследования был проведен литературный обзор по методам определения ряда водорастворимых витаминов группы В, а именно: В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>.

#### 1.1.1 Физико-химические свойства витамина В<sub>1</sub>

Витамин В<sub>1</sub>, иначе тиамин гидрохлорид, имеет следующую химическую формулу, представленная на рис.1.1.1.1:

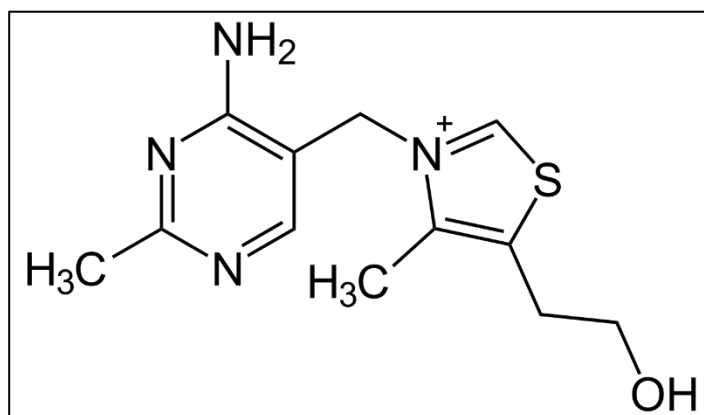


Рисунок 1.1.1.1 – Витамин В<sub>1</sub> – 3-[(4-амино-2-метил-5-пиримидил) метил]-5-(2-гидроксиэтил)-4-метил-тиазол [1]

Тиамин (В<sub>1</sub>) – водорастворимый витамин, представляющий собой бесцветные кристаллы с горьким вкусом. Водные растворы В<sub>1</sub> в кислой среде устойчивы и выдерживают нагревание до высоких температур, однако в щелочной среде быстро разрушается. При окислении он переходит в тиохром – соединение, обладающее ярко-синей флуоресценцией [2].

В<sub>1</sub> обладает антиоксидантной, эритропозитической, модулирующей настроение и регулирующей глюкозу активностями. Он реагирует с аденозинтрифосфатом (АТФ) с образованием активного кофермента, тиаминпирофосфата, играет ключевую роль во внутриклеточном

метаболизме глюкозы и может ингибировать действие глюкозы и инсулина на пролиферацию клеток гладких мышц артерий. Тиамин также может защищать от свинцового отравления, ингибируя вызванное свинцом перекисное окисление липидов.

### 1.1.2 Физико-химические свойства витамина В<sub>2</sub>

Витамин В<sub>2</sub>, иначе рибофлавин, формулу которого можно увидеть на рисунке 1.1.2.1, – это водорастворимый витамин, представляющий собой кристаллы игольчатой формы, окрашенные в желто-оранжевый цвет, горькие на вкус. В<sub>2</sub> химически неустойчив, легко разрушается при кипячении и на свету. Под действием света распадается на рибит и 6,7-диметилизоаллоксазин или люмихром [2]. Присоединяя водород по месту двойных связей, окрашенный рибофлавин легко превращается в бесцветное лейкосоединение. Отдавая при соответствующих условиях водород, снова переходит в рибофлавин, приобретая окраску. Витамин В<sub>2</sub> участвует в окислительно-восстановительных процессах живых организмов. Этот витамин необходим для здоровой кожи, ногтей и волос.

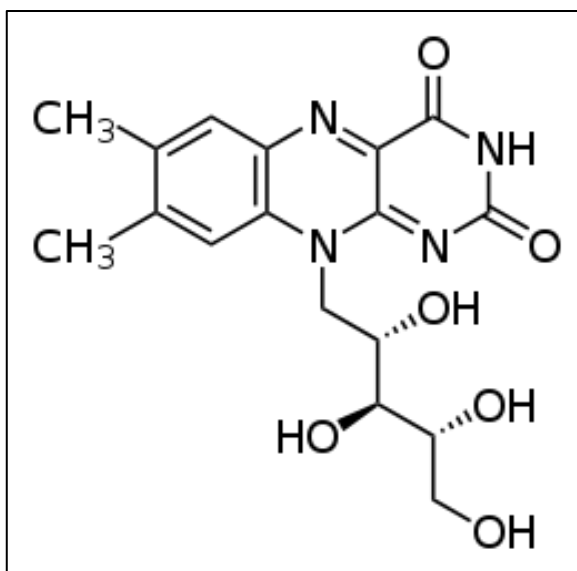


Рисунок 1.1.2.1 – Витамин В<sub>2</sub> – 6,7-Диметил-9-(D-1-ибитил) - изоаллоксазин

[3]

Витамин В<sub>2</sub> (рибофлавин) выполняет важные функции в организме - он необходим для правильного функционирования центральной и периферической нервной системы и иммунной системы.

Вместе с витамином А он отвечает за хорошее состояние слизистых оболочек, включая слизистую оболочку пищеварительного канала, кожу и эпителий кровеносных сосудов. Предполагается, что рибофлавин участвует в образовании эритроцитов и крови.

### 1.1.3 Физико-химические свойства витамина В<sub>3</sub>

Никотиновая кислота иначе витамин В<sub>3</sub> (рисунок 1.1.3.1) – водорастворимый витамин, представляющий собой белое кристаллическое вещество, без запаха, слабокислое на вкус. В<sub>3</sub> образует соли с кислотами и основаниями, его соли с Ag, Cu(II) и Са плохо растворимы в воде. Никотиновая кислота умеренно растворима в холодной и горячей воде, мало растворима в этиловом спирте (96%), практически нерастворима в эфире [4].

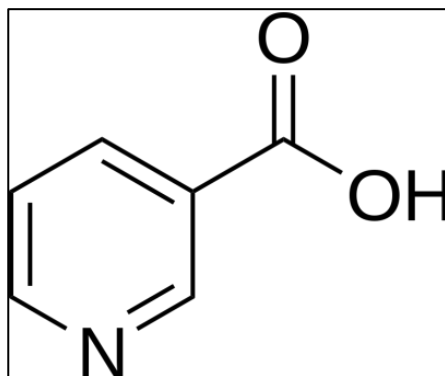


Рисунок 1.1.3.1 – Витамин В<sub>3</sub> – Пиридин-3-карбоновая кислота [4]

Витамин В<sub>3</sub> играет ключевую роль в коже, пищеварении и психическом здоровье и поддерживает функции более 200 ферментов в организме. Люди, которые не получают достаточно витамина В<sub>3</sub>, могут испытывать целый ряд проблем со здоровьем и симптомов, от незначительных до угрожающих жизни.

#### 1.1.4 Физико-химические свойства витамина В<sub>5</sub>

Пантотеновая кислота, также называемая пантотенатом или витамином В<sub>5</sub>, является водорастворимым витамином. Представляет собой вязкую светло-желтую маслянистую жидкость, которая хорошо смешивается с водой и уксусной кислотой. Биологической активностью обладает только правовращающий (+) оптический изомер В<sub>5</sub>. Пантотеновая кислота малоустойчива, легко окисляется и гидролизуется в присутствии кислот и щелочей по месту пептидной (–CO–NH–) связи. Структурная формула В<sub>5</sub> изображена на рис. 1.1.4.1:

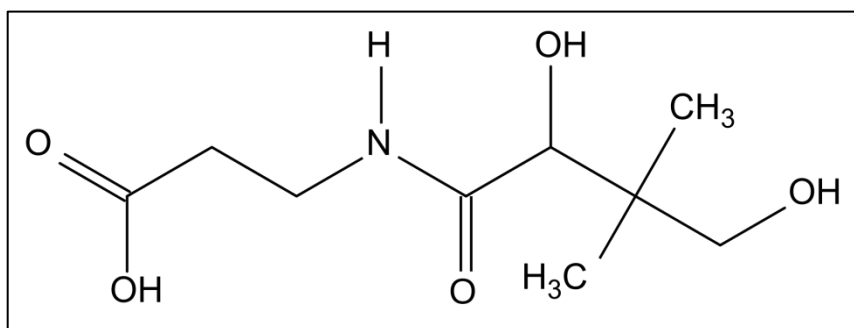


Рисунок 1.1.4.1 – Витамин В<sub>5</sub> – 6,7-Диметил-9-(D-1-ибитил) - изоаллоксазин [5]

Основная функция этого водорастворимого витамина В<sub>5</sub> заключается в синтезе коэнзима А (CoA) и ацильного белка-носителя [6]. CoA необходим для синтеза и распада жирных кислот, переноса ацетильных и ацильных групп и множества других анаболических и катаболических процессов [6]. Основная роль белка-носителя ацила заключается в синтезе жирных кислот.

#### 1.1.5 Физико-химические свойства витамина В<sub>6</sub>

Витамин В<sub>6</sub>, также известный как пиридоксин (рисунок 1.1.5.1), является водорастворимым витамином, представляющий собой белый мелкокристаллический порошок, горьковато-кислый на вкус. На свету и в щелочных растворах В<sub>6</sub> в форме гидрохлорида быстро разлагается. Химические свойства В<sub>6</sub> с одной стороны могут быть объяснены, свойствами

пиридинового цикла, с другой - свойствами заместителей, имеющих в пиридиновом ядре.

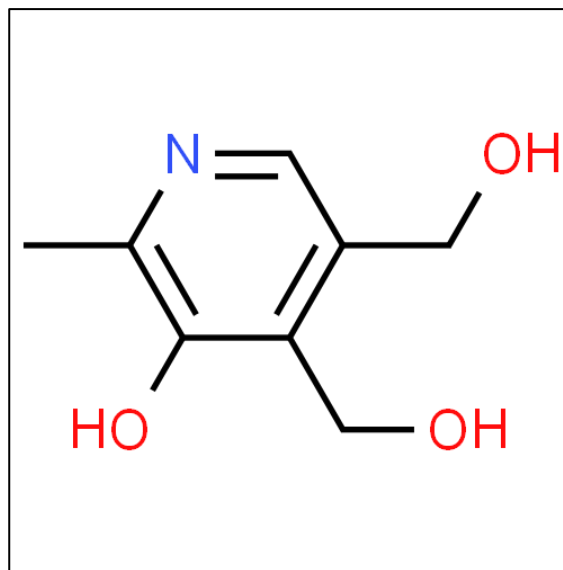


Рисунок 1.1.5.1 – Витамин В<sub>6</sub> – 4,5-дигидроксиметил-2-метилпиридин-3-ол, 4,5-дигидроксиметил-2-метилазин-3-ол [7]

Он важен для метаболизма белков, жиров и углеводов, а также для образования эритроцитов и нейротрансмиттеров. Потребление достаточного количества витамина В<sub>6</sub> важно для оптимального здоровья и может даже предотвращать и лечить хронические заболевания. Пиридоксин необходим для усвоения белков, жиров, углеводов, регулирует состояние нервной системы, предотвращает кожные заболевания и воспаления зубов и дёсен.

### 1.1.6 Физико-химические свойства витамина В<sub>9</sub>

В<sub>9</sub>, иначе фолиевая кислота, формула которой представлена на рисунке 1.1.6.1, является членом семейства водорастворимых витаминов группы В, стимулирующих кроветворную систему. В<sub>9</sub> представляет собой игольчатые кристаллы желтого цвета, содержащие два моля кристаллизационной воды на один моль кислоты. Они стабильны на воздухе, разлагаются при 250 °С. Ограниченно растворимы в воде (25 мг/л), ледяной уксусной кислоте и

спиртах, не растворимы в эфире, ацетоне, хлороформе. Вещество фотолабильно.

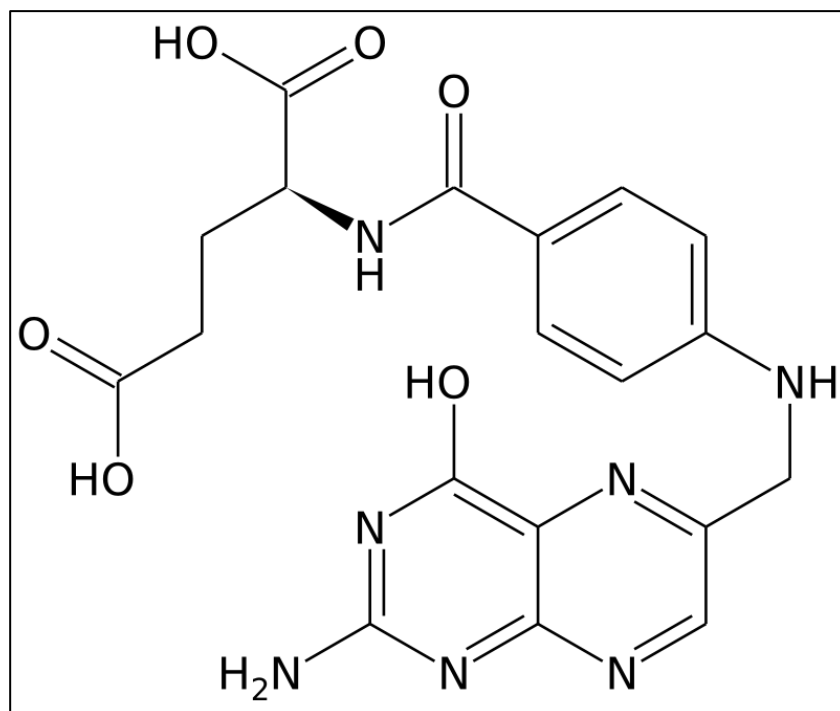


Рисунок 1.1.6.1 – Витамин В<sub>9</sub> – N-4-2-амино-1,4-дигидро-4-оксо-6-птеридил) метиламинобензоил-L(+)-глутаминовая кислота [8]

Он присутствует в печени и почках и содержится в грибах, шпинате, дрожжах, зеленых листьях и травах (злаках). Фолиевая кислота, будучи биохимически неактивной, превращается в тетрагидрофолиевую кислоту и метилтетрагидрофолат с помощью дигидрофолатредуктазы. Фолиевая кислота используется для лечения и профилактики фолиевой недостаточности и мегалобластной анемии.

### 1.1.7 Физико-химические свойства витамина В<sub>12</sub>

Цианокобаламин, широко известный как витамин В<sub>12</sub>, отличающийся от всех других водорастворимых витаминов группы В большой сложностью своей структуры (рисунок 1.1.7.1). В<sub>12</sub> представляет собой порошок, темно-красного цвета, без запаха, горький на вкус. Ковалентная связь углерод-

кобальт в структуре цианокобаламина – единственный известный в живой природе пример ковалентной связи переходный металл-углерод.

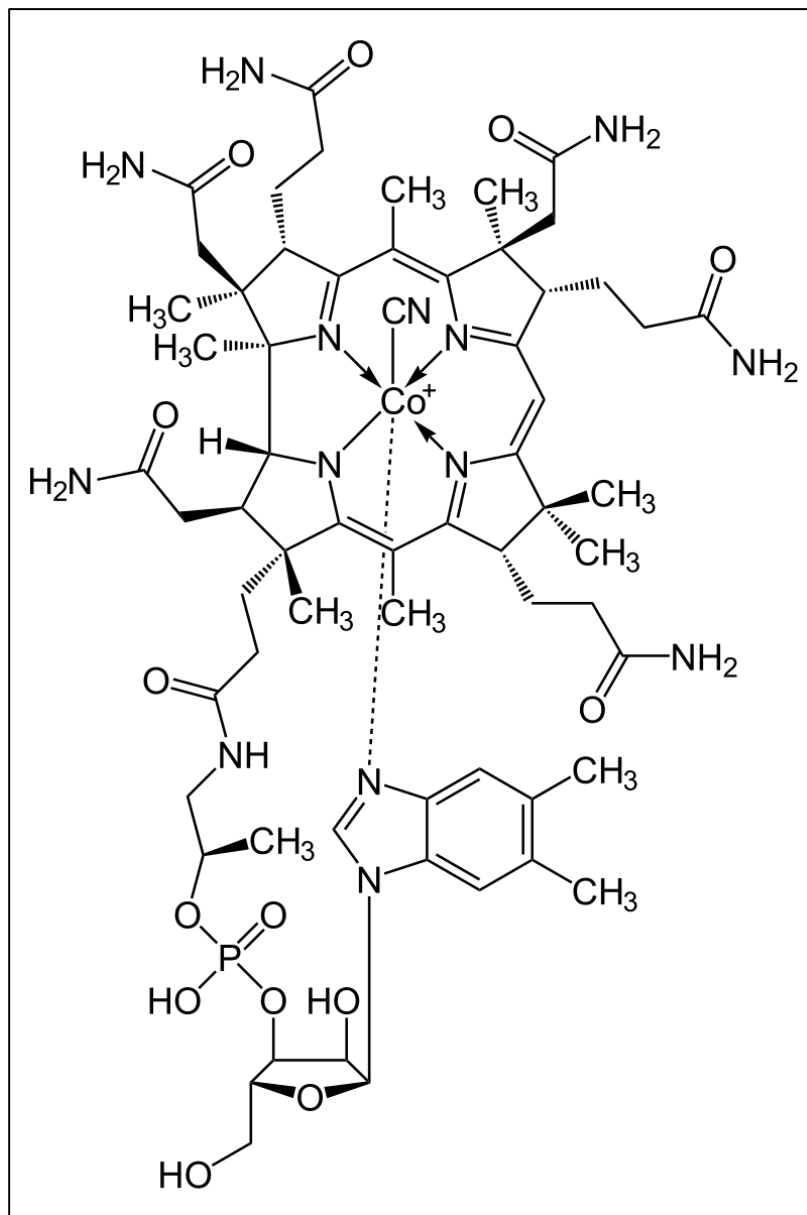


Рисунок 1.1.7.1 – Витамин В<sub>12</sub> - 5,6-диметилбензимидазолилкобамид цианид [9]

Витамин В<sub>12</sub> является очень сложным, незаменимым витамином, благодаря своему названию, потому что он содержит минерал кобальт. Этот витамин естественным образом вырабатывается бактериями и необходим для синтеза ДНК и выработки клеточной энергии. Витамин В<sub>12</sub> имеет много форм, включая циано-, метил-, дезоксиаденозил- и гидроксикобаламин.

Цианоформа является наиболее широко используемой формой в добавках и отпускаемых по рецепту лекарствах.

## **1.2 Методы определения витаминов группы В**

С ростом интереса к точному определению количества каждого витамина в поливитаминных добавках были введены различные аналитические методы для количественной оценки водорастворимых витаминов. Среди них методы, основанные на ВЭЖХ (высокоэффективная жидкостная хроматография) [10-12]. Методы ВЭЖХ обычно сочетаются с УФ (ультрафиолетовыми) [13-16], УФ / электрохимическими [17] или флуоресцентными детекторами [18, 19], масс-спектрофотометрическими (МС) [20–24], УФ / МС [25] или с диодно-матричным детектором с флуоресцентным детектированием или МС [26]. Хотя детекция флуоресценции чувствительна и избирательна, она требует дериватизации целевых витаминов, за исключением естественных флуоресцентных молекул, таких как пиридоксин и рибофлавин [19]. В большинстве опубликованных исследований, относящихся к жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектированием (ЖХ-ДМД) или к жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией (ЖХ-МС), анализ водорастворимых витаминов рассматривался только один или несколько витаминов одновременно, и сообщалось только о нескольких методах одновременного определения нескольких водорастворимых витаминов в поливитаминных добавках [16, 21–23, 25]. В некоторых исследованиях применялся метод МС изотопного разбавления (ИР) [21, 22], в котором использовался внутренний стандарт, помеченный изотопом, для обеспечения наилучшей точности. Поскольку метод ИР-МС работает только с масс-спектрометром и требует затрат на маркированные материалы, этот метод не очень подходит для универсального анализа. Насколько нам известно, ни в одном отчете не предложен общий метод определения витаминов группы В, включая

цианокобаламин, в поливитаминных добавках при полном разделении и оптимизированных условиях экстракции. Разработка общего метода одновременного определения различных витаминов группы В является сложной задачей по нескольким причинам. Хотя различные соединения могут считаться частью витаминов группы В, они редко обладают общими химическими свойствами с точки зрения разделения в колонке LC из-за их различной химической структуры. Каждый витамин в группе В обладает различной стабильностью с точки зрения pH, света, воздуха и тепла, а некоторые витамины требуют специальных стабилизаторов.

Существует много распространенных методов одновременного определения витаминов группы В, таких как, УФ-видимая спектрофотометрия, синхронная спектрофлуориметрия с переменным углом, поточная инъекционная флуориметрия, производная спектрофотометрия, отношение спектров-производных и трехмерная флуоресцентная спектрометрия, путем определения общей интенсивности флуоресценции [27].

Так же, к методам определения витаминов группы В относят классический гравиметрический [28,29] и титриметрический методы [30,31], электрохимический метод анализа [32–37], тонкослойная хроматография [38,39], газовая хроматография [40,41], капиллярный электрофорез [42–44], высокоэффективная жидкостная хроматография [44–48], флуориметрия [48–51], а также спектрофотометрия [52–62] и т. д. В настоящее время наиболее распространенными методами являются: высокоэффективная жидкостная хроматография, флуориметрия и спектрофотометрия.

Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии, используемый для определения витаминов группы В имеет высокую чувствительность, хорошую избирательность и возможность одновременного многокомпонентного определения. Поэтому этот метод широко использовался для изучения и применения, особенно для разделения и определения сложных образцов.

Флуориметрия, используемая для определения  $V_1$ , основана главным образом на флуоресценции тиохрома, полученном окислением тиамин гидрохлорида различными окислителями. Этот метод имеет высокую чувствительность и пригоден для определения следов  $V_1$ .

Спектрофотометрия по-прежнему является одним из распространенных методов определения  $V_1$  благодаря его простоте и высокой точности. В настоящее время наиболее изученным и применяемым методом является ультрафиолетовая спектрофотометрия [41–45]. В последние годы основным улучшением является многокомпонентное определение с использованием дифференциальной и производной спектрофотометрии [51–54] и хеометрики [55–58].

Согласно ГОСТ 32042-2012 [63] тиамин гидрохлорид можно определить методом измерения интенсивности флуоресценции. Сущность метода заключается в извлечении витамина  $V_1$  из анализируемой пробы раствором соляной кислоты, окислении его раствором железосинеродистого калия в тиохром, экстракции окисленной формы из водной фазы бутанолом и измерении интенсивности флуоресценции.

Проведенный литературный обзор по анализу определения водорастворимых витаминов показывает, что интерес к витаминам неуклонно растет. Анализ может быть проведен различными физико-химическими методами, в зависимости от витамина и способа его точной идентификации. Наиболее часто для совместного определения водорастворимых витаминов группы В используют метод ВЭЖХ с различным детектированием.

Изучив литературу, мы видим, что по сей день витамины группы В были определены лишь индивидуально как в образцах пищевых продуктов, так и в фармацевтических составах с использованием различных аналитических методов, таких как спектрофотометрический, спектрофлуориметрический и электрохимический, а также такими методами разделения, как электрофорез в капиллярной зоне и ВЭЖХ [60]. Поскольку

спрос на быстрый и специфический метод для совместного определения витаминов растет, методы ВЭЖХ обеспечивают быстрое разделение и количественное определение водорастворимых витаминов в нескольких матрицах. Выбор метода во многом зависит от требуемой точности и чувствительности, а также от помех, встречающиеся в образце матрицы.

#### **1.4 Влияние pH на аналитический сигнал при спектрофотометрическом определении**

Максимум поглощения витамина В<sub>1</sub> в нейтральной среде соответствует 256,2 нм. В большинстве случаев максимум поглощения витамина В<sub>1</sub> под влиянием кислот в области 254-264 нм [64].

Детектирование, идентификацию и количественный расчет массовой концентрации (массовой доли) водорастворимых витаминов проводят при максимуме длины волны излучения, индивидуальном для каждого витамина (таблица 1.4.1):

Таблица 1.4.1 – Параметры идентификации витаминов В<sub>2</sub> и В<sub>6</sub> методом флуориметрии [64]

| Витамин        | Длина волны возбуждения,<br>нм | Длина волны испускания,<br>нм |
|----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| В <sub>2</sub> | 290 ± 2                        | 395 ± 2                       |
| В <sub>6</sub> | 450 ± 2                        | 521 ± 2                       |

Никотинамид имеет спектры поглощения при 261,5 нм при различных значениях pH среды.

На рисунке 1.4.1 представлены спектры поглощения водных растворов рибофлавина при различных значениях pH.

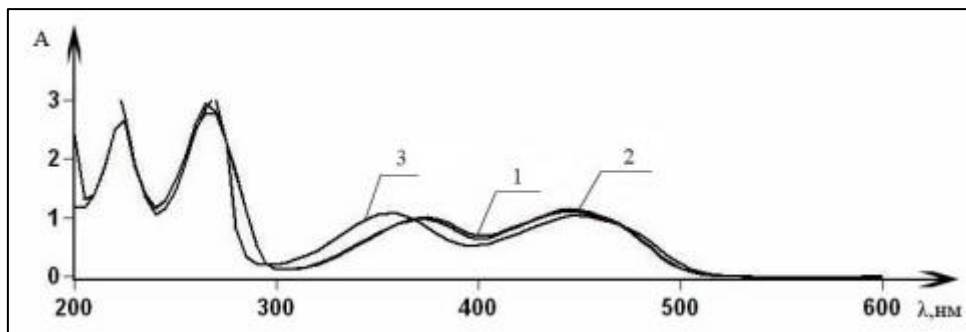


Рисунок 1.4.1 - Спектр поглощения водного раствора рибофлавина при различных значениях pH: 1 – в кислой среде с pH 1,5; 2 – в нейтральной среде с pH 6,5; 3 – в щелочной среде с pH 12,5 [65]

Спектр поглощения витамина В<sub>2</sub> расположен в видимой и ультрафиолетовой областях. В кислой и нейтральной среде рибофлавин максимально поглощает при 445, 375, 265 и 225 нм. В щелочной среде спектр поглощения рибофлавина несколько смещается в коротковолновую область и имеет максимумы при 450, 355, 270, 210 нм.

Витамин В<sub>6</sub> демонстрирует максимум при 292 нм в кислотных растворах (pH <2,5), а витамины В<sub>2</sub>, В<sub>1</sub> и В<sub>9</sub> при 372, 256 и 285 нм соответственно [65]. Увеличение pH, вызывающее значительное увеличение сдвига, является явным свидетельством наличия других депротонированных форм этих витаминов. Присутствие изобестических точек показывает различные протонированные формы, и они связаны друг с другом протонированными/депротонированными равновесиями. Количество высвобождаемых протонов в указанных интервалах pH составляет 1, 2, 3 и 3 для рибофлавина, пиридоксина, тиамина и фолиевой кислоты, соответственно. Все молекулы имеют четкие изобестические точки при регулярном изменении pH.

## **Глава 2. Экспериментальная часть**

### **2.1 Оборудование, химическая посуда**

Для определения качественного и количественного содержания некоторых витаминов группы В в составе испытуемых образцов в начале работы проводилось исследование спектров поглощения на спектрофотометре Agilent Technologies «Cary 60» и спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама» компании Люмэкс.

Спектрофотометр Agilent Cary 60 – прибор, с высокой производительностью, предназначенный для осуществления химического анализа. В аппарате предусмотрено использование импульсной ксеноновой лампы непрерывного действия. В базовый блок аппарата включён монохроматор с диапазоном длин волн от 119 до 1100 нм и фиксированной шириной щели 1,5 нм. Также входят спаренный диодный кремниевый детектор и просветлённая кварцевая оптическая система. Прибор при максимальной скорости развёрстки может просканировать необходимый диапазон спектра за 3 сек. Спектрофотометр Cary 60 работает с небольшими объемами образцов. Особенности спектрофотометра: применение экономных ксеноновых ламп; расширенное программное обеспечение с готовыми методиками, улучшенной графикой и калькулятором спектров; сбор данных 80 раз в секунду. Важные технические характеристики прибора: точность длин волн до 0,06 нм; фотометрический шум менее 0,00002 А; со скоростью сканирования выше 20000 нм/мин.

Спектрофлуориметр «Флюорат-02-Панорама» предназначен для измерения массовой концентрации неорганических и органических примесей в воде, а также в воздухе, почве, технических материалах, продуктах питания после переведения примесей в раствор или непосредственно без пробоподготовки в соответствии с методикой выполнения измерений. Область

применения спектрофлуориметра – аналитический контроль объектов окружающей среды, санитарный контроль, контроль технологических процессов, а также научные исследования. Прибор может быть использован в качестве автоматического детектора при исследовании спектров возбуждения и регистрации люминесценции, и изучения фотометрических характеристик и характеристик фосфоресценции анализируемых объектов, а также в хроматографии. Особенности прибора: спектральный диапазон оптического излучения, используемого для анализа: 210- 730 нм; предел погрешности установки длины волны не более 3 нм; дрейф показаний не более половины предела допускаемого значения его основной погрешности; кварцевые кюветы К-10. Спектрофлюориметр имеет два основных режима измерений: флуориметрический и фотометрический.

При приготовлении растворов для тщательного растворения исследуемых веществ использовалась ультразвуковая ванна «DADI DA-968». Объем бака составлял 500 мл; напряжение питания до 220 В; настраиваемая мощность генератора: 30 или 50 Вт; время работы прибора от 1 до 59 мин.

Для полного осаждения образующегося осадка и во избежание мутных растворов применялась центрифуга «Centrifuge 5702 R» от компании «Eppendorf». Технические особенности прибора: настраиваемый диапазон температур от -9°C до +40 °C; скорость вращения до 4400 об/мин.; возможность настройки оптимального времени центрифугирования.

Для измерения уровня pH исследуемых растворов использовали «pH-метр CHECKER» фирмы «ООО ЭкоИнструмент». Электронный карманный pH-метр «CHECKER» предназначен для определения pH жидкостей, для определения в численных значениях pH степени кислотности или щелочности жидкостей. Основные характеристики прибора: диапазон измерения от 1,00 до 14,0 pH; погрешность до 0,2 pH; разрешение: 0,01 pH.

Для получения дистиллированной воды использовали аквадистиллятор «STEDIM ARIUM 61316» от производителя «SARTORIUS». Который позволяет получать ультрачистую воду для приготовления буферов, выведения клеточных культур и при работе с хроматографией.

Для взвешивания навесок вещества использовали лабораторные аналитические весы «Acculab ALC-210d4» (производство «Sartorius Weight Technology GmbH», Германия) с I классом точности по ГОСТ 24104-2001.

В работе была задействована мерная лабораторная стеклянная посуда: колбы вместимостью 25,0; 50,0; 100,0; 500,0 и 1000,0 см<sup>3</sup>.

Взятие аликвот отбираемых веществ проводили с помощью мерных лабораторных стеклянных пипеток вместимостью 10,0 см<sup>3</sup>, а также дозаторов типа ДП-1-10, ДП-1-50, ДП-1-200, ДП-1-1000 с дискретностью установки доз 1,0 мкл и погрешностью не более 5 % отн. Для каждого раствора какого-либо вещества использовали отдельную пипетку или сменный наконечник дозатора.

Чистоту кювет определяли методом люминесцентного анализа. Перед началом каждой серии опытов снимали спектр фонового растворителя, с целью контроля его чистоты и чистоты посуды. В случае отсутствия пиков на спектре люминесценции, растворитель и посуда считались чистыми.

При разработке методики пробоподготовки для отделения водорастворимых витаминов от жирорастворимых витаминов в реальных объектах анализа использовалась делительная воронка объемом 50 см<sup>3</sup>.

## **2.2. Реактивы**

В данной работе использовались следующие химические реактивы:

- Натрий гидроокись ГОСТ 4328-77 (ХИММЕД, Россия);
- Кислота соляная ГОСТ 33118-77 (СигмаТек, Россия);

- Стандарт-титры для приготовления стандартных буферных растворов: - эквимольная смесь дигидрофосфата калия  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  и гидрофосфата натрия  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (pH=6,86) ТУ 2642-004-33813273-2006 (УралХимИнвест, Россия)
- Стандарт «Тиамин гидрохлорид», х.ч. (Sigma-Aldrich, США);
- Стандарт «Никотиновая кислота», х.ч. (Sigma-Aldrich, США);
- Стандарт «Рибофлавин», х.ч. (Sigma-Aldrich, США);
- Стандарт «Пиридоксин гидрохлорид», х.ч. (Sigma-Aldrich, США);
- Стандарт «Фолиевая кислота», х.ч. (Sigma-Aldrich, США);
- Спирт бутиловый нормальный (Н-бутанол), (ВитаХим, Новосибирск).

### 2.3. Объекты исследования

В ходе проведения исследования использовались следующие образцы коммерческих детских БАД: «Алфавит, Наш малыш, саше-пакетики» (Образцы 1-3), «Future Biotics, M.V. Teen, Мультивитамины для подростков» (Образец 4), состав которых указан в таблицах 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3 и 2.3.4:

Таблица 2.3.1 - Состав «Образец №1» саше-пакет №1 [66]

| Состав             | Содержание |
|--------------------|------------|
| Витамин D3         | 5 мкг      |
| Пантотенат кальция | 1,25 мг    |
| Витамин B12        | 0,35 мкг   |
| Фолиевая кислота   | 25 мкг     |
| Кальций            | 80 мг      |

Таблица 2.3.2 - Состав «Образец №2» саше-пакет №2 [66]

| <b>Состав</b> | <b>Содержание</b> |
|---------------|-------------------|
| Бета-каротин  | 0,67 мг           |
| Витамин В2    | 0,45 мг           |
| Витамин В6    | 0,45 мг           |
| Никотинамид   | 4 мг              |
| Витамин Е     | 2 мг              |
| Витамин С     | 11,25 мг          |
| Магний        | 8 мг              |
| Цинк          | 2,5 мг            |
| Йод           | 35 мкг            |

Таблица 2.3.3 - Состав «Образец №3» саше-пакет №3 [66]

| <b>Состав</b>    | <b>Содержание</b> |
|------------------|-------------------|
| Бета-каротин     | 0,6 мг            |
| Витамин В1       | 0,4 мг            |
| Витамин С        | 11,25 мг          |
| Фолиевая кислота | 25 мкг            |
| Железо           | 5 мг              |

Таблица 2.3.4 - Состав «Образец №4» [67]

| <b>Компоненты</b>                         | <b>Количество на порцию</b> |
|-------------------------------------------|-----------------------------|
| Витамин А (в виде бета-каротина)          | 3000 мкг                    |
| Витамин С (в виде аскорбиновой кислоты)   | 60 мг                       |
| Витамин D3 (как холекальциферол)          | 10 мкг                      |
| Витамин Е (как токоферилсукцинат d-альфа) | 20 мг                       |

Продолжение таблицы 2.3.4

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| Тиамин (витамин В1) (в виде моонитрата тиамина)     | 2 мг      |
| Рибофлавин (Витамин В2)                             | 2 мг      |
| Ниацин (в виде ниацинамида)                         | 20 мг     |
| Витамин В6 (в виде пиридоксин гидрохлорида)         | 2 мг      |
| Фолиевая кислота (400 мкг фолиевой кислоты)         | 666,8 мкг |
| Витамин В12 (как цианокобаламин)                    | 6 мкг     |
| биотин                                              | 300 мкг   |
| Пантотеновая кислота (как пантотенат d-кальция)     | 10 мг     |
| Кальций (как карбонат кальция)                      | 100 мг    |
| Железо (как феррохел, железистый бисглицинат хелат) | 10 мг     |
| Йод (как йодистый калий)                            | 150 мкг   |
| Магний (как оксид магния)                           | 50 мг     |
| Цинк (как глюконат цинка)                           | 15 мг     |
| Селен (в виде аминокислотного комплекса селена)     | 100 мкг   |
| Медь (как глюконат меди)                            | 2 мг      |
| Марганец (в виде марганцево-глицинатного хелата)    | 4 мг      |
| Хром (как никотинат хрома, глицинат хелат)          | 100 мкг   |

## 2.4 Методика эксперимента

### 2.4.1 Методика флуориметрического определения некоторых водорастворимых витаминов

Фоновый буферный раствор, объемом 3 мл, помещали в кювету. Кювету устанавливали в кюветное отделение, закрывали крышку и снимали синхронный спектр исследуемого вещества в диапазоне длин волн 200 – 650 нм. Далее в кювету помещали анализируемые стандартные растворы исследуемых

витаминов с концентрацией 0,05 мг/мл и снимали спектр флуоресценции в аналогичных условиях. На спектре выделяли длину волны возбуждения в зависимости от определяемого витамина (таблица 2.4.1.1) и снимали спектр флуоресценции со смещением 20 нм от значения длины волны возбуждения. Полученный спектр флуоресценции применяли для качественного и количественного анализа вещества в реальном объекте.

В табл. 2.4.1.1 представлены зависимости длины волн возбуждения и регистрации pH среды для каждого исследуемого витамина:

Таблица 2.4.1.1 - Зависимости длин волн возбуждения и регистрации

| Исследуемый витамин | pH среды | Длина волны возбуждения, нм | Длина волны регистрации, нм |
|---------------------|----------|-----------------------------|-----------------------------|
| B <sub>1</sub>      | >7       | 268                         | 445                         |
| B <sub>2</sub>      | 6,86     | 370                         | 528                         |
| B <sub>3</sub>      | 6,86     | 260                         | 403                         |
| B <sub>6</sub>      | 6,86     | 325                         | 398                         |
| B <sub>9</sub>      | 6,86     | 280                         | 445                         |

## 2.4.2 Методика пробоподготовки

### Образец 1

Порошок исследуемого образца был приготовлен путем растворения содержимого в 100 мл 0,1н HCl. Далее полученный раствор ставили на ультразвуковую ванну для полного растворения вещества и фильтровали 2 раза через бумажный фильтр (красная лента), после чего раствор центрифугировали и подщелачивали 0,2н NaOH до нейтрального значения pH среды. В кюветное

отделение помещали кювету с анализируемым раствором, устанавливали длину волны возбуждения 280 нм и снимали спектр регистрации флуоресценции витамина В<sub>9</sub>. Измерения проводили не менее трех раз.

#### Образец 2

Порошок исследуемого образца был приготовлен путем растворения содержимого в 100 мл 0,1н НСl. Далее полученный раствор ставили на ультразвуковую ванну для полного растворения вещества и фильтровали 2 раза через бумажный фильтр (красная лента), после чего раствор центрифугировали и подщелачивали 0,2н NaOH до нейтрального значения рН среды. В кюветное отделение помещали кювету с анализируемым раствором, устанавливали длину волны возбуждения 260, 280 и 370 нм и снимали спектр регистрации флуоресценции витаминов В<sub>3</sub>, В<sub>2</sub> и В<sub>9</sub> соответственно. Измерения проводили не менее трех раз.

#### Образец 3

Порошок исследуемого образца был приготовлен путем растворения содержимого в 100 мл 0,1н НСl. Далее полученный раствор ставили на ультразвуковую ванну для полного растворения вещества и фильтровали 2 раза через бумажный фильтр (красная лента), после чего раствор центрифугировали и подщелачивали 0,2н NaOH до нейтрального значения рН среды. В кюветное отделение помещали кювету с анализируемым раствором, поочередно устанавливали следующие длины волн возбуждения: 260, 280, 325 и 370 нм и записывали соответствующие им спектры регистрации флуоресценции витаминов В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub> и В<sub>9</sub>. Для определения витамина В<sub>1</sub> к 4 мл отцентрифугированного раствора добавляли 2 мл подщелочённого раствора К<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>, полученный раствор анализировали при длине волны возбуждения 268 нм. Измерения проводили не менее трех раз.

#### Образец 4

Порошок исследуемого образца был приготовлен путем растворения содержимого в 100 мл 0,1н HCl. Далее полученный раствор ставили на ультразвуковую ванну для полного растворения вещества и фильтровали 2 раза, после чего раствор отправлялся на центрифугирование. Отцентрифугированный раствор подщелачивали 0,2н NaOH до нейтрального значения pH среды. В кюветное отделение помещали кювету с анализируемым раствором, устанавливали длину волны возбуждения 260, 280, 325 и 370 нм и снимали спектр регистрации флуоресценции витаминов B<sub>3</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub> и B<sub>9</sub> соответственно. Для определения витамина B<sub>1</sub> к 4 мл отцентрифугированного раствора добавляли 2 мл подщелочённого раствора K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>, полученный раствор анализировали при длине волны возбуждения 268 нм. Измерения проводили не менее трех раз.

## **Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1. Общая характеристика НИР**

Научно доказано, что недостаточное поступление витаминов с пищей приводит к развитию гиповитаминоза. В современном мире родители часто задаются многими вопросами, беспокоясь о здоровье своих детей: хватает ли ребёнку витаминов для нормального развития организма, какие витамины необходимы для жизнедеятельности, каким именно витаминным комплексам следует отдавать предпочтение и почему, а главное, эффективны и безопасны ли они?

На основании чего, для обеспечения поступления достаточного количества витаминов в организм ребенка, родители обычно отдают предпочтение коммерческим витаминам, витаминно-минеральным комплексам и биологически активным добавкам (БАД).

В России производство БАДов, в отличие от производства лекарственных препаратов, не строго контролируется законодательством. Зачастую невозможно сделать вывод об их составе и безопасности, так как производитель не всегда указывает данную информацию на упаковке продукции.

Объектами исследования служили наиболее популярные коммерческие БАД: «Алфавит» (производство Россия), «М.V. Teen» (производство США).

Согласно литературным данным существуют множество методов для определения витаминов группы В. Согласно ОФС их определение можно выполнять с использованием спектрофотометрического метода анализа. Однако этот метод не позволяет совместно идентифицировать витамины группы В ввиду наложения полос поглощения. Для решения этой проблемы в данной работе было предложено использовать метод флуориметрии.

## **4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Интерес к исследованию детских БАД возникает в основном из-за широкого потребления подобной продукции среди населения и массовыми продажами на фармацевтическом рынке. Так как объектами исследования служили детские биологически – активные добавки, то и предназначена данная продукция для детей в возрасте от 3 лет. Но это не означает, что взрослые в свою очередь не могут быть заинтересованы в приобретении данного товара.

### **4.1.2. Анализ конкурентных технических решений**

В настоящее время для определения витаминного состава в лекарственных препаратах и фармацевтических комплексах могут быть применимы различные методы, однако большинство из них обладают рядом недостатков.

Рассмотрим следующие методы, которые используются для определения водорастворимых витаминов: спектрофотометрический метод анализа (ОФС.1.2.3.0017.15) и метод высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (4.1)$$

где:  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Целесообразно анализ конкурентных технических решений проводить с помощью оценочной карты таблица 4.1.2.1.

Таблица 4.1.2.1 – Оценочная карта сравнения для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

| Критерии оценки                                         | Вес критерия | Баллы          |                 |                 | Конкурентно-способность |                 |                 |
|---------------------------------------------------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------|
|                                                         |              | Б <sub>ф</sub> | Б <sub>к1</sub> | Б <sub>к2</sub> | К <sub>ф</sub>          | К <sub>к1</sub> | К <sub>к2</sub> |
| 1                                                       | 2            | 3              | 4               | 5               | 6                       | 7               | 8               |
| <b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b> |              |                |                 |                 |                         |                 |                 |
| 1.Точность определения                                  | 0.2          | 4              | 3               | 3               | 0.8                     | 0.6             | 1               |
| 2.Экспрессность                                         | 0.2          | 5              | 5               | 3               | 1                       | 1               | 0.6             |
| 3.Простота эксплуатации                                 | 0.2          | 5              | 5               | 3               | 1                       | 1               | 0.6             |
| <b>Экономические критерии оценки эффективности</b>      |              |                |                 |                 |                         |                 |                 |
| 1. Цена                                                 | 0.2          | 5              | 5               | 2               | 1                       | 1               | 0.4             |
| 2. Предполагаемый срок эксплуатации                     | 0.1          | 5              | 4               | 4               | 0.5                     | 0.4             | 0.4             |
| 3. Стоимость оборудования                               | 0.1          | 5              | 5               | 3               | 0.5                     | 0.5             | 0.3             |
| <b>Итого</b>                                            | <b>1</b>     | <b>29</b>      | <b>27</b>       | <b>18</b>       | <b>4.8</b>              | <b>4.5</b>      | <b>3.3</b>      |

Анализ был проведен сравнительно с двумя методами анализа: конкурент 1 – «Спектрофотометрический метод ОФС.1.2.3.0017.15», конкурент 2 – «Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии». По итогам анализа оценочной карты можно сделать вывод, что научная разработка, описываемая в данной НИР, является конкурентно-способной. Следовательно, можно отметить, что основными конкурентами метода флуориметрии является спектрофотометрический анализ.

#### 4.1.3. SWOT-анализ

SWOT – (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT – анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта и состоит из нескольких этапов.

На первом этапе рассматривали сильные и слабые стороны проекта, а также выявлении возможностей и угроз.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 4.1.3.1.

Таблица 4.1.3.1 – Результаты первого этапа SWOT-анализа

|                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b><br>С1. Экспрессность<br>С2. Простота эксплуатации<br>С3. Низкие затраты на пробоподготовку<br>С4. Широта объектов для анализа<br>С5. Селективность | <b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b><br>Сл1. Подбор пробоподготовки<br>Сл2. Наличие желатина и сахара в составе БАД<br>Сл3. Сложность эксперимента при работе с матрицей объектов |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Возможности:</b><br>В1. Разработка методики для оценки качества детских БАД<br>В2. Возможность обнаружения объектов с малой концентрацией исследуемого вещества<br>В3. Перспективы внедрения флуориметрии в качестве метода анализа в фармацевтической промышленности |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Угрозы:</b><br>У1. Развитие конкурентных методов анализа<br>У2. Добавление в рецептуру БАД компонентов, влияющих на матрицу объекта с невозможной дальнейшей идентификацией состава<br>У3. Повышение стоимости оборудования                                           |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       |

На втором этапе SWOT – анализа рассматривает соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 4.1.3.2, 4.1.3.3, 4.1.3.4, 4.1.3.5,

Таблица 4.1.3.2 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

| Сильные стороны проекта |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Возможности<br>проекта  |    | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|                         | B1 | +  | +  | +  | +  | +  |
|                         | B2 | +  | 0  | 0  | +  | +  |
|                         | B3 | +  | +  | +  | +  | 0  |

Таблица 4.1.3.3 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

| Слабые стороны проекта |    |     |     |     |
|------------------------|----|-----|-----|-----|
| Возможности<br>проекта |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
|                        | B1 | -   | -   | -   |
|                        | B2 | 0   | -   | -   |
|                        | B3 | -   | -   | -   |

Таблица 4.1.3.4 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

| Сильные стороны проекта |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Угрозы                  |    | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|                         | У1 | -  | -  | -  | +  | -  |
|                         | У2 | -  | -  | -  | +  | -  |
|                         | У3 | -  | +  | +  | -  | +  |

Таблица 4.1.3.5 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

| Слабые стороны проекта |    |     |     |     |
|------------------------|----|-----|-----|-----|
| Угрозы                 |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
|                        | У1 | +   | -   | +   |
|                        | У2 | -   | +   | +   |
|                        | У3 | -   | +   | +   |

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.1.3.6.

Таблица 4.1.3.6 – Итоговая матрица SWOT-анализа

|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b><br><b>С1.</b> Экспрессность<br><b>С2.</b> Простота эксплуатации<br><b>С3.</b> Низкие затраты на пробоподготовку<br><b>С4.</b> Широта объектов для анализа<br><b>С5.</b> Селективность | <b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b><br><b>Сл1.</b> Подбор пробоподготовки<br><b>Сл2.</b> Наличие желатина и сахара в составе БАД<br><b>Сл3.</b> Сложность эксперимента при работе с матрицей объектов                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Возможности:</b><br><b>В1.</b> Разработка методики для оценки качества детских БАД<br><b>В2.</b> Возможность обнаружения объектов с малой концентрацией исследуемого вещества<br><b>В3.</b> Перспективы внедрения флуориметрии в качестве метода анализа в фармацевтической промышленности | <b>Сила и возможности:</b><br><b>СВ1.</b> Использование метода флуориметрии для оценки качества детских БАД<br><b>СВ2.</b> Исключение некачественных БАД с рынка<br><b>СВ3.</b> Качественное и количественное определение исследуемых витаминов | <b>Слабость и возможности:</b><br><b>СлВ1.</b> При разработки методики для оценки качества БАД будет предложена пробоподготовка, позволяющая идентифицировать компоненты в составе исследуемых объектов<br><b>СлВ2.</b> После избавления мешающего влияния желатина и сахара на матрицу исследуемых объектов метод флуориметрии позволит с высокой точностью определять нужные вещества при любых концентрациях<br><b>СлВ3.</b> Возможность применения метода флуориметрии при анализе более сложных объектов БАД |

Продолжение таблицы 4.1.3.6

|                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Угрозы:</b></p> <p><b>У1.</b> Развитие конкурентных методов анализа</p> <p><b>У2.</b> Добавление в рецептуру БАД компонентов, влияющих на матрицу объекта с невозможной дальнейшей идентификацией состава</p> <p><b>У3.</b> Повышение стоимости оборудования</p> | <p><b>Сила и угрозы:</b></p> <p><b>СУ1.</b> Метод флуориметрии один из наиболее экспрессных и простых в эксплуатации методов, заменить его будет гораздо труднее</p> <p><b>СУ2.</b> Благодаря низким затратам на пробоподготовку возможны различные варианты подготовки исследуемых объектов к анализу</p> <p><b>СУ3.</b> Благодаря селективности и экспрессности метода флуориметрии, данный прибор, используемый при исследовании, будет долго служить будущему поколению без дополнительных затрат на оборудование</p> | <p><b>Слабость и угрозы:</b></p> <p><b>СЛУ1.</b> Наиболее экспрессные, экономически- и эксплуатационно-выгодные методы могут сместить флуориметрию, как основной метод для анализа БАД</p> <p><b>СЛУ2.</b> При изменении составов детских БАД с введением в них компонентов, которые меняют и усложняют матрицу объекта, селективность метода флуориметрии значительно снизится</p> <p><b>СЛУ3.</b> В связи с повышением затрат на калибровку оборудования и закупку нужных деталей для прибора (кюветы, призмы и т.д.) возможна отмена добровольного пользования флуориметром научно-исследовательским университетом</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Вывод:** В результате SWOT-анализа выявлено, что для данного проекта характерен баланс сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз. При правильно разработанной концепции продвижения проекта, можно внедрить используемый флуориметрический метод на рынок фармацевтической промышленности.

## 4.2. Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научно-исследовательской работы формируется рабочая группа, в состав которой входят: бакалавр – Лоскутова Л.Н., научный

руководитель – Вишенкова Д.А., консультант по экономической части (ЭЧ) – Рыжакина Т. Г. и консультант по части социальной ответственности (СО) – Винокурова Г.Ф. выпускной квалификационной работы. Необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и провести распределение исполнителей по видам работ (таблица 4.2.1.1).

Таблица 4.2.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| № этап а | Название этапа                 | Содержаниеработ                                                                                                                           | Должность исполнителя                                                 |
|----------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 1        | Введение                       | Разъяснение темы НИР, основных направлений деятельности по осуществлению НИР                                                              | Вишенкова Д.А.<br>(ассистент ОХИ ИШПР)                                |
| 2        | Литературный обзор             | Обзор существующих методик и теоретических основ методы исследования водорастворимых витаминов                                            | Лоскутова Л.Н.<br>(студент)                                           |
| 3        | Теоретический анализ           | Разработка плана НИР, выбор методики и техники выполнения                                                                                 | Вишенкова Д.А.<br>(ассистент ОХИ ИШПР)<br>Лоскутова Л.Н.<br>(студент) |
| 4        | Постановка задачи исследования | Постановка задачи на эксперимент, предсказание возможных результатов                                                                      | Вишенкова Д.А.<br>(ассистент ОХИ ИШПР)                                |
| 5        | Экспериментальная часть        | Исследование оптических свойств ряда водорастворимых витаминов группы В для разработки методики их последующего определения в детских БАД | Лоскутова Л.Н.<br>(студент)                                           |

Продолжение таблицы 4.2.1.1

|   |                                                      |                                                                                           |                                                                       |
|---|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 6 | Результаты и обсуждения                              | Оценка эффективности полученных результатов и определение целесообразности проведения ВКР | Вишенкова Д.А.<br>(ассистент ОХИ ИШПР)<br>Лоскутова Л.Н.<br>(студент) |
| 7 | Разработка технической документации и проектирование | Оценка эффективности применения анализа                                                   | Рыжакина Т. Г.<br>(доцент ОСГН.)<br>Лоскутова Л.Н.<br>(студент)       |
| 8 |                                                      | Разработка социальной ответственности по теме                                             | Винокурова Д.Ф.<br>(доцент ООД)<br>Лоскутова Л.Н.<br>(студент)        |
| 9 | Оформление отчета по НИР                             | Разработка презентации, дипломной работы и раздаточного материала                         | Лоскутова Л.Н.<br>(студент)                                           |

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Таблица 4.2.2.1 - Рабочая группа проекта

| ФИО, основное место работы, должность | Роль в проекте   | Функции                                                                                                                    | Трудозатраты, час. |
|---------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Ассистент ОХИ ИШПР<br>Вишенкова Д.А.  | Руководитель НИР | Контроль над ходом выполнения проекта, консультации по поводу проведения эксперимента, получения и анализа результатов НИР | 240                |

#### Продолжение таблицы 4.2.2.1

|                               |                                                    |                                                                                        |     |
|-------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Студент<br>Лоскутова Л.Н.     | Исполнитель                                        | Выполнение проекта<br>(проведение эксперимента,<br>получение и анализ результатов НИР) | 480 |
| Доцент ОСГН<br>Рыжакина Т. Г. | Консультант по<br>экономической части              | Оценка эффективности<br>применения анализа                                             | 10  |
| Доцент ООД<br>Винокурова Г.Ф. | Консультант по<br>части социальной ответственности | Разработка социальной<br>ответственности по<br>теме                                    | 10  |
| Итого:                        |                                                    |                                                                                        | 740 |

Трудозатраты были рассчитаны на основании следующих данных: проект выполняется 4 месяца, руководитель проекта принимает участие 3 раза в неделю на протяжении 5-х часов, инженер дипломник работает в среднем 5 дней в неделю по 6 часов.

#### 4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.2)$$

где:  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118 - 27} = \frac{365}{220} = 1.659 \quad (4.3)$$

где:  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

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

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

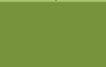
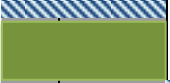
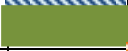
Календарный план проекта представлен в таблице 4.2.3.1.

Таблица 4.2.3.1 – Календарный план проекта

| Название работы                                          | Длительность,<br>рабочие дни | Длительность,<br>календарные<br>дни | Количество<br>исполнителей | Должность<br>исполнителя                                                 |
|----------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Введение                                                 | 5                            | 15                                  | 1                          | Вишенкова Д.А.<br>(ассистент ОХИ<br>ИШПР)                                |
| Литературный обзор                                       | 10                           | 10                                  | 1                          | Лоскутова Л.Н.<br>(студент)                                              |
| Теоретический анализ                                     | 10                           | 10                                  | 2                          | Вишенкова Д.А.<br>(ассистент ОХИ<br>ИШПР)<br>Лоскутова Л.Н.<br>(студент) |
| Постановка задачи<br>исследования                        | 5                            | 8                                   | 1                          | Вишенкова Д.А.<br>(ассистент ОХИ<br>ИШПР)                                |
| Экспериментальная<br>часть                               | 30                           | 46                                  | 1                          | Лоскутова Л.Н.<br>(студент)                                              |
| Результаты и<br>обсуждения                               | 10                           | 15                                  | 2                          | Вишенкова Д.А.<br>(ассистент ОХИ<br>ИШПР)<br>Лоскутова Л.Н.<br>(студент) |
| Оценка<br>эффективности<br>применения анализа            | 5                            | 9                                   | 2                          | Рыжакина Т. Г.<br>(доцент ОСГН)<br>Лоскутова Л.Н.<br>(студент)           |
| Разработка<br>социальной<br>ответственности по<br>теме   | 5                            | 9                                   | 2                          | Винокурова Д.Ф.<br>(доцент ООД)<br>Лоскутова Л.Н.<br>(студент)           |
| Разработка<br>презентации и<br>раздаточного<br>материала | 3                            | 8                                   | 1                          | Лоскутова Л.Н.<br>(студент)                                              |
| Оформление<br>дипломной работы                           | 10                           | 23                                  | 1                          | Лоскутова Л.Н.<br>(студент)                                              |
| Итого:                                                   | 93                           | 153                                 |                            |                                                                          |

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Диаграмма Ганта для данного исследования представлена в таблице 4.2.3.2.

Таблица 4.2.3.2 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме «Определение ряда водорастворимых витаминов группы В в составе детских БАД»

| Вид работы                                               | Исполнители                       | Т <sub>кi</sub> ,<br>дней | Продолжительность выполнения работ                                                 |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |   |   |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                             |                                                                                       |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                          |                                   |                           | март                                                                               |                                                                                     |                                                                                                                                                                            | апрель                                                                              |   |   | май                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                             |                                                                                       |
|                                                          |                                   |                           | 1                                                                                  | 2                                                                                   | 3                                                                                                                                                                          | 1                                                                                   | 2 | 3 | 1                                                                                                                                                                          | 2                                                                                                                                                                           | 3                                                                                     |
| Введение                                                 | Научный руководитель              | 5                         |  |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |   |   |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                             |                                                                                       |
| Литературный обзор                                       | Бакалавр                          | 10                        |                                                                                    |  |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |   |   |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                             |                                                                                       |
| Теоретический анализ                                     | Научный руководитель,<br>бакалавр | 10                        |                                                                                    |                                                                                     | <br> |                                                                                     |   |   |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                             |                                                                                       |
| Постановка задачи<br>исследования                        | Научный руководитель              | 5                         |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |  |   |   |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                             |                                                                                       |
| Экспериментальная<br>часть                               | Бакалавр                          | 30                        |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |  |   |   |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                             |                                                                                       |
| Результаты и<br>обсуждения                               | Научный руководитель,<br>бакалавр | 10                        |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |   |   | <br> |                                                                                                                                                                             |                                                                                       |
| Оценки<br>эффективности<br>применения анализа            | Консультант по ЭЧ,<br>бакалавр    | 5                         |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |   |   |                                                                                                                                                                            | <br>  |                                                                                       |
| Разработка<br>социальной<br>ответственности              | Консультант по СО,<br>бакалавр    | 5                         |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |   |   |                                                                                                                                                                            | <br> |                                                                                       |
| Разработка<br>презентации и<br>раздаточного<br>материала | Бакалавр                          | 3                         |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |   |   |                                                                                                                                                                            |                                                                                        |                                                                                       |
| Оформление                                               | Бакалавр                          | 10                        |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |   |   |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                             |  |

Условные обозначения в таблице 4.2.3.2:  Бакалавр,  Руководитель,  Консультант по ЭЧ,  
- Консультант по СО. 

### 4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

#### 4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

Бюджет затрат на выполнение НТИ составляется с целью проведения данной работы. Затраты на НТИ рассчитываются по статьям калькуляции, которые включают две группы затрат прямые затраты и накладные затраты.

Расчет стоимости материальных затрат производился по действующим прейскурантам и ценам с учетом НДС. В стоимость материальных затрат включили транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). Результаты расчета затрат на сырье, материалы и покупные изделия в процессе проведения НИР представлены в таблице 4.2.3.3.

Таблица 4.2.3.3 – Материальные затраты

| Наименование                                             | Ед.<br>изм. | Количество |       |       | Цена за ед.,<br>руб. |       |       | Затраты на материалы,<br>(З <sub>м</sub> ), руб. |       |       |
|----------------------------------------------------------|-------------|------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|--------------------------------------------------|-------|-------|
|                                                          |             | Исп.1      | Исп.2 | Исп.3 | Исп.1                | Исп.2 | Исп.3 | Исп.1                                            | Исп.2 | Исп.3 |
| Конц. соляная кислота (фикс.)<br>ТУ 2642-001-33813273-97 | шт          | 2          | 2     | 5     | 49,5                 | 49,5  | 49,5  | 99                                               | 99    | 247,5 |
| Натрий гидроокись<br>ГОСТ 4328-77<br>изм. 1.2            | кг          | 0,05       | 0,05  | 0,1   | 199                  | 199   | 199   | 9,95                                             | 9,95  | 19,9  |
| Стандарт-титр (6 ампул)<br>ТУ 2642-004-33813273-2006     | шт          | 2          | 3     | 5     | 619                  | 619   | 619   | 206                                              | 309,5 | 515,8 |
| Сахар                                                    | кг          | 0,1        | 0,1   | 0,2   | 60                   | 60    | 60    | 6                                                | 6     | 12    |
| Желатин                                                  | упак.       | 1          | 2     | 4     | 16                   | 16    | 16    | 16                                               | 36    | 72    |
| Тиамин                                                   | упак.       | 1          | 1     | 2     | 31                   | 31    | 31    | 31                                               | 31    | 62    |
| Никотиновая кислота                                      | упак.       | 1          | 1     | 2     | 36                   | 36    | 36    | 36                                               | 36    | 72    |
| Пиридоксин                                               | упак.       | 1          | 1     | 2     | 43                   | 43    | 43    | 43                                               | 43    | 86    |
| Цианокобаламин                                           | упак.       | 2          | 2     | 4     | 26                   | 26    | 26    | 52                                               | 52    | 104   |
| Пиковит                                                  | упак.       | 1          | 1     | 1     | 137                  | 137   | 137   | 137                                              | 137   | 137   |
| Компливит                                                | упак.       | 1          | 1     | 1     | 305                  | 305   | 305   | 305                                              | 305   | 305   |

Продолжение таблицы 4.2.3.3

|                                                         |           |   |   |    |     |     |     |             |             |             |
|---------------------------------------------------------|-----------|---|---|----|-----|-----|-----|-------------|-------------|-------------|
| Юнивит Кидс                                             | уп<br>ак. | 1 | 1 | 1  | 416 | 416 | 416 | 416         | 416         | 416         |
| Колбы мерные<br>на 10, 50 и 100<br>см <sup>3</sup>      | шт        | 6 | 8 | 20 | 120 | 120 | 120 | 720         | 960         | 2400        |
| Цилиндр<br>мерный с<br>носиком на 50<br>см <sup>3</sup> | шт        | 3 | 3 | 6  | 70  | 70  | 70  | 210         | 210         | 420         |
| <b>Итого:</b>                                           |           |   |   |    |     |     |     | <b>2287</b> | <b>2631</b> | <b>4869</b> |

#### 4.3.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по данной теме. Определение стоимости спецоборудования производили по действующим прейскурантам с учетом НДС. При приобретении спецоборудования учтены затраты по его доставке и монтажу в размере 15 % от его цены. Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, используемого для каждого исполнения темы, сводятся в таблице 4.3.2.1.

Таблица 4.3.2.1 – Затраты на оборудование для научно-экспериментальных работ

| №, п/п        | Наименование оборудования                                     | Количество единиц оборудования, шт | Цена единицы оборудования, руб. | Общая стоимость оборудования, руб. |
|---------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1             | Дистиллятор для приготовления воды очищенной (Россия, Тюмень) | 1                                  | 20000                           | 20000                              |
| 2             | Весы аналитические (класс точности 0,0001 г., Россия)         | 1                                  | 19000                           | 19000                              |
| 3             | Дозатор 1-канальный, переменного объема 10-1000 мкл (Россия); | 1                                  | 6828                            | 6828                               |
| <b>Итого:</b> |                                                               |                                    |                                 | <b>45828</b>                       |

Стоимость оборудования, используемого при выполнении НИР имеющегося на кафедре ФАХ стоимостью свыше 40 тыс. рублей, учитывалось в виде амортизационных отчислений. Расчет затрат по статье «Амортизация оборудования» представлена в таблице 4.3.2.2.

Таблица 4.3.2.2 - Расчет затрат по статье «Амортизация оборудования»

| Наименование оборудования | Цена оборудования, руб. | Эксплуатация оборудования, количество лет | Амортизация, руб. |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|-------------------|
| Спектрофотометр (Япония)  | 870000                  | 5                                         | 174000            |
| Флуориметр (Венгрия)      | 504000                  | 5                                         | 100800            |
| <b>Итого:</b>             |                         |                                           | <b>274800</b>     |

#### 4.3.3 Расчет основной заработной платы

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (4.4)$$

где:  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;  $T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (4.5)$$

где:  $Z_{\text{м}}$  – 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;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 4.3.3.1 – Баланс рабочего времени за 2018 год

| Показатели рабочего времени                                      | Руководитель | Бакалавр |
|------------------------------------------------------------------|--------------|----------|
| Календарное число дней                                           | 365          | 365      |
| Количество нерабочих дней<br>- выходные дни<br>- праздничные дни | 118          | 118      |
| Потери рабочего времени<br>- отпуск<br>- невыходы по болезни     | 24           | -        |
| Действительный годовой фонд рабочего времени                     | 223          | 247      |

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (4.6)$$

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

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

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

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.3.3.2.

Таблица 4.3.3.2 – Расчет основной заработной платы

| Категория         | $З_{\text{тс}}$ , руб. | $k_{\text{д}}$ | $k_{\text{р}}$ | $З_{\text{м}}$ , руб. | $З_{\text{дн}}$ , руб. | $T_{\text{р.}}$ раб. дн. | $З_{\text{осн}}$ , руб. |
|-------------------|------------------------|----------------|----------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Руководитель      |                        |                |                |                       |                        |                          |                         |
| ППСЗ              | 28000                  | 0,35           | 1,3            | 60060                 | 6108                   | 11,7                     | 71464                   |
| Бакалавр          |                        |                |                |                       |                        |                          |                         |
| ППС1              | 2200                   | 0,35           | 1,3            | 4719                  | 480                    | 7,6                      | 3648                    |
| Консультант по ЭЧ |                        |                |                |                       |                        |                          |                         |
| ППСЗ              | 22450                  | 0,35           | 1,3            | 48155                 | 4897                   | 4,1                      | 20078                   |
| Консультант по СО |                        |                |                |                       |                        |                          |                         |
| ППСЗ              | 33240                  | 0,35           | 1,3            | 71300                 | 7251                   | 4,4                      | 31904                   |

Общая заработная плата исполнителей работы представлена в таблице 4.3.3.3.

Таблица 4.3.3.3 – Общая заработная плата исполнителей

| Исполнители          | $З_{\text{осн}}$ , руб. | $З_{\text{доп}}$ , руб. | $З_{\text{зп}}$ , руб. |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| Научный руководитель | 71464                   | 10005                   | 81469                  |
| Бакалавр             | 3648                    | 510,7                   | 4158,7                 |
| Консультант по ЭЧ    | 20078                   | 2811                    | 22889                  |
| Консультант СО       | 31904                   | 4466,6                  | 36370,6                |

#### 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления на социальные нужды составляет 30% от суммы заработной платы всех сотрудников. Отчисления на социальные нужды составляет: отчисления в пенсионный фонд 22%, отчисление на социальное страхование 2,9%, отчисление на медицинское страхование 5,1%.0,5% страхование жизни, от несчастного случая.

Рассчитываем затраты на отчисление на социальные нужды по формуле:

$$З_{о.с.н.} = 0,3 \cdot (З_{осн.рук.} + З_{осн.инж.}), \quad (4.7)$$

где:  $З_{о.с.н.}$  – затраты на отчисления на социальные нужды, руб.

$$З_{о.с.н.} = 0,3 \cdot (71464 + 3648 + 20078 + 31904) = 38128,2.$$

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.3.4.1.

Таблица 4.3.4.1 – Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнители                                  | Основная заработная плата, руб. | Дополнительная заработная плата, руб. |
|----------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Научный руководитель                         | 71464                           | 10005                                 |
| Бакалавр                                     | 3648                            | 510,7                                 |
| Консультант по ЭЧ                            | 20078                           | 2811                                  |
| Консультант СО                               | 31904                           | 4466,6                                |
| Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды | 0,3                             |                                       |
| <b>ИТОГО:</b>                                | <b>38128,2</b>                  |                                       |

#### 4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергии, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = k_{нр} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), (4.8)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов  $k_{нр}$  допускается взять в размере 16%.

#### 4.3.6 Формирование бюджета затрат НТИ

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.3.6.1.

Таблица 4.3.6.1 – Расчет бюджета затрат НТИ

| Наименование статьи                                                          | Сумма, руб. |          |          | Примечание           |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|----------|----------------------|
|                                                                              | Исп.1       | Исп.2    | Исп.3    |                      |
| 1. Материальные затраты НТИ                                                  | 2287        | 2631     | 4869     | Табл.12              |
| 2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ | 45828       | 45828    | 395828   | Табл.13              |
| 3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы                    | 127094      | 127094   | 127094   | Табл.16              |
| 4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы              | 17793,3     | 17793,3  | 17793,3  | Табл.17              |
| 5. Отчисления во внебюджетные фонды                                          | 38128,2     | 38128,2  | 38128,2  | Табл.18              |
| 6. Накладные расходы                                                         | 37082,55    | 47849,1  | 93495,68 | 16 % от суммы ст.1-5 |
| 7. Бюджет затрат НТИ                                                         | 268213,0    | 346270,5 | 677208,1 | Сумма ст. 1-6        |

#### 4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.9)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.10)$$

где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;  $p$  – число параметров сравнения. Результаты по расчету интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 4.4.1.

Таблица 4.4.1 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Объект исследования<br>Критерии       | Весовой коэффициент<br>параметра | Исп.1 | Исп.2 | Исп. 3 |
|---------------------------------------|----------------------------------|-------|-------|--------|
| 1. Экспрессность                      | 0,15                             | 5     | 4     | 3      |
| 2. Простота эксплуатации              | 0,15                             | 5     | 4     | 3      |
| 3.Предполагаемый срок<br>эксплуатации | 0,20                             | 5     | 4     | 4      |
| 4.Цена                                | 0,25                             | 5     | 5     | 3      |
| 5. Точность определения               | 0,25                             | 5     | 3     | 5      |
| ИТОГО:                                | 1                                | 4,8   | 4     | 3,9    |

$$I_{\text{исп.1}} = 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 = 4,8;$$

$$I_{\text{исп.2}} = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 = 4;$$

$$I_{\text{исп.3}} = 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 = 3,9.$$

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{\text{финр}}^P$ ) и аналога ( $I_{\text{финр}}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p-\text{исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}}}, \quad I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{p-\text{исп2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}}} \dots \quad (4.11)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} \quad (4.12)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;  $I_{\text{мэ}}^P$  – интегральный показатель разработки;  $I_{\text{мэ}}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Наглядно данное сравнение представлено в таблице 4.4.2.

Таблица 4.4.2 – Сравнительная эффективность разработки

| №<br>п/п | Показатели                                          | Исп.1      | Исп.2 | Исп. 3 |
|----------|-----------------------------------------------------|------------|-------|--------|
| 1        | Интегральный финансовый показатель                  | 0,65       | 0,94  | 1      |
| 2        | Интегральный показатель<br>ресурсоэффективности     | 4,85       | 4     | 4,25   |
| 3        | Интегральный показатель эффективности               | <u>7,5</u> | 4,25  | 4,25   |
| 4        | Сравнительная эффективность вариантов<br>исполнения | 1,76       | 0,57  | 0,57   |

При оценке сравнительной эффективности методов определения можно сделать вывод, что настоящий проект, использующий в качестве инструмента хронокондуктометрическое определение, является более ресурсоэффективным, чем конкурентные методики: манометрический метод и поляриметрический метод.

## Список публикаций по НИР

1. Лоскутова Л. Н. Определение витаминного состава детских БАД / Лоскутова Л. Н., Булычева Е.В. // XIX Международная научно-практическая конференция имени профессора Л. П. Кулёва студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке»: сборник тезисов докладов, 21-24 мая 2018 г., г. Томск / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 609 с.
2. Лоскутова Л. Н. Определение витамина С в детских БАД / Лоскутова Л. Н., Булычева Е.В. // Байкальская школа-конференция по химии: сборник научных трудов II всероссийской школы-конференции, посвященной 100-летию Иркутского государственного университета и 85-летию химического факультета ИГУ БШКХ-2018, 24-28 сентября 2018 г. / ФГБОУ ВО «ИГУ» – Иркутск: Изд-во «Оттиск», 2018. – 158 с.
3. Лоскутова Л. Н. Определение ряда водорастворимых витаминов группы В в детских БАД / Лоскутова Л. Н., Вишенкова Д.А. // XX Международная научно-практическая конференция имени профессора Л. П. Кулёва студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке»: сборник тезисов докладов, 20-23 мая 2019 г., г. Томск / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 634 с.