

**Управление образования города Вологды  
«Муниципальное образовательное учреждение дополнительного образования детей»  
Детско-юношеский центр «Единство»**

## **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**

### **Изучение химических и органолептических показателей воды прудов Ковыринского парка**

Автор исследования:

Котов Владислав,

ученик 10 класса Б

МОУ «СОШ № 1»

МОУ ДОД ДЮЦ «Единство»

Научный руководитель

Кандидат сельскохозяйственных

наук Костин А.Е.

Вологда  
2014 год

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	8
ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	10
Методика проведения исследований .....	10
Объекты исследований .....	11
Оценка цветового показателя .....	11
Определение запаха воды.....	11
Определение прозрачности воды .....	13
Определение карбонатной жёсткости воды .....	13
Содержание взвешенных частиц .....	14
Определение рН воды.....	14
ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДАВАНИЙ .....	16
Определение органолептических и химических показателей .....	16
Общие результаты исследований .....	18
ВЫВОДЫ .....	19
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	20

## ВВЕДЕНИЕ

Ковыринский парк уникален по своему историческому и социальному значению. Сейчас это единственная сохранившаяся в городской черте часть барской усадьбы XVIII века, принадлежавшей известному в Вологде роду Засецких и славившейся роскошным садово-парковым ансамблем.

Ковыринский парк – уникальный зеленый уголок в северо-западной части города Вологды. Вместе с полукаменным двухэтажным домом, фундамент которого был заложен более 250 лет, этот парк является последним уцелевшим свидетельством о существовании на этом месте прелестнейшего уголка – старинной дворянской усадьбы в сельце Ковырино. В «Вологодских ведомостях» за 1852 год сохранилось её описание – «Утопающая в кустах цветущей сирени, украшенная роскошными цветниками»... В течение многих десятков лет этот парк был местом паломничества вологжан.

На территории парка располагался каскад, состоящий из пяти прудов, но до наших дней сохранились только два пруда. Часть каскада прудов, оказавшаяся на территории стадиона «Витязь», в период с 1990 по 2000г., была уничтожена.

В конце XX и начале XXI века парк приходит в упадок. Гибнут старые деревья, зарастают и мелеют пруды, на территории парка разбиваются огороды, производится выкос травы и выпас скота. В 2000 году была засыпана часть каскада прудов, оказавшихся на территории стадиона «Витязь». Старинный парк не имел статуса городского парка, и, следовательно, не финансировался, за ним не было должного ухода.

Экологическая обстановка в городе сложилась таким образом, что большинство водоёмов находится в загрязнённом состоянии. Не исключением являются и пруды Ковыринского парка.

В пруды Ковыринского парка попадает много предметов, относящихся к разряду бытового мусора. Чаще всего встречаются пластиковые и стеклянные бутылки, целые и повреждённые, жестяные банки, различный упаковочный материал, а также ржавые металлические предметы, резиновые шины, старая обувь, доски, палки, которые бросают в воду владельцы собак. На поверхности воды плавают окурки и прочий мелкий мусор. Были случаи, когда рядом с прудами мыли машины и мотоциклы. В сентябре 2002 г., две недели на поверхности воды держалась цветная плёнка из-за того, что в пруд попали банки с масляной краской. В пруд попадают моющие средства, так как летом в нём нередко моют ковры и паласы.

**Актуальность темы.** Ковыринский сад – это зеленая рекреационная часть города, важная для отдыха горожан. В этой части города парк единственный. Пруды как часть ландшафта парка требуют пристального внимания, очистки. Летом на берегах можно увидеть людей с удочками. Важно оценить экологическое состояние этих водоемов.

2013 год был объявлен годом охраны окружающей среды. Человечество вошло в XXI век с пониманием необходимости изменения мышления, воспитания экологической культуры как специфического средства единения человека с природой.

В начале XXI веке появляется большое количество заводов и фабрик, которые наносят непоправимый вред окружающей среде.

Ухудшение экологического состояния окружающей среды ведёт к возникновению у человека различных мутаций, злокачественных образований и других хронических заболеваний.

Наиболее опасно загрязнение водной среды. Многие промышленные предприятия в больших объемах используют пресную воду, после чего сливают ее обратно в водоемы и другие источники воды. Разумеется, во время производственных процессов внутри предприятия вода загрязняется. Так в металлообрабатывающих и машиностроительных предприятиях формируются особо токсичные сточные воды. При химическом анализе в них

можно найти ядовитые соли тяжелых металлов, в больших количествах, органические вещества, другие загрязнения. Для того чтобы сократить сброс подобных отходов и уменьшить влияние на экологию, на предприятиях устанавливают специальные фильтры, которые очищают воду и делают ее доступной для повторного использования.

В наши дни большая часть водной среды города Вологды находится в загрязненном состоянии, и, чтобы не допустить уничтожения обитателей гидросферы, должны выработаться методы по очистке воды в реках, озёрах и прудах.

**Цель и задачи исследований.** Целью настоящих исследований является изучение химических и органолептических показателей воды прудов Ковыринского парка.

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

1. провести органолептическую оценку состояния воды прудов;
2. провести химическую оценку состояния воды;
3. оценить загрязнённость водоёмов твёрдыми бытовыми отходами;
4. оценить экологическую обстановку близ водоёмов;
5. сделать вывод о пригодности воды для существования организмов;
6. предложить методы по восстановлению прудов Ковыринского парка;
7. составить рекомендации по восстановлению прудов Ковыринского парка и довести результаты исследования до общественности и заинтересованных лиц.

**Научная новизна** заключается в том, что впервые проводится сравнительный анализ прудов по химическим и органолептическим показателям, впервые будут предложены методы по очистке воды прудов Ковыринского парка.

**Объектом исследований** являются пруды Ковыринского парка.

**Предметом исследований** химические и органолептические показатели воды прудов Ковыринского парка.

**Гипотеза** Так как визуально на поверхности водоемов можно наблюдать кормящихся уток, есть основание предположить, что показатели воды удовлетворительны.

**Практическая значимость** работы состоит в том, что созрела необходимость выполнить экологическую оценку состояния воды прудов Ковыринского парка, так как большинство водоёмов Вологды находится в загрязнённом состоянии, ознакомить с результатами исследования общественность и выработать рекомендации по улучшению состояния водоемов для заинтересованных лиц.

**Методы исследований.** В работе использовались следующие методы:

- исторический, включающий изучение истории парка;
- сравнительный, включающий сравнение органолептических и химических показателей прудов;
- описательный, включающий описание проведения экспериментов по определению состава воды прудов;
- экспериментальный, включающий определение органолептических показателей, проведение химических реакций, для определения качественного состава воды;
- описательный, включающий технику выполнения реакций находимых для анализа воды;
- анализ литературных источников.

**Достоверность результатов и обоснованность выводов** подтверждается достаточным объемом экспериментального материала.

**Личное участия автора.** Выполнен обзор литературы по изложенному вопросу, проведены экспериментальные исследования, обработаны и проанализированы результаты, сформулированы выводы.

**Апробация работы.** Материал работы докладывался на заседании кафедры земледелия и агрохимии ВГМХА им. Н.В. Верещагина 31.01.2013г.

**Структура и объём научно-исследовательской работы.** Научно-исследовательская работы изложена на 20 страницах компьютерного текста и состоит из введения, 3 глав, выводов, списка литературы из 50 наименований, включает 1 схему и 4 таблицы.

## I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ИНТЕРНЕТ РЕСУРСОВ

Большинство изученных искусственных водоемов города Вологды в настоящее время находятся в неблагоприятном состоянии: берега водоемов и акватории завалены бытовым и строительным мусором, дно водоемов заилено, поверхность воды покрыта масляной пленкой, вода зачастую имеет неприятный запах, берегозащитные и гидротехнические сооружения разрушены, берега эродированы, качество воды в водоемах не соответствует санитарно-гигиеническим нормам, биоразнообразие водных организмов снижено. Техногенные загрязнения водоемов хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками приводят к нарушениям функционирования водных экосистем, уменьшению биологического разнообразия и, в конечном счете, к эвтрофикации, ацидофикации водоемов. (Лобуничева, 2010)

Состояние водных объектов сегодня является важнейшим показателем экологического благополучия города, т.к. они являются неотъемлемыми элементами всей ландшафтно-архитектурной системы населенного пункта, поддерживают гомеостаз ландшафта, выполняют санитарно-биологическую, климатообразующую, культурно-историческую, рекреационную функции. В то же время, водоемы на территории крупного города в наибольшей степени подвергаются мощному антропогенному воздействию. Поэтому практически все городские водоемы и водотоки представляют собой природно-антропогенные или полностью антропогенные (техногенные) объекты. (Лобуничева, 2010).

При обзоре литературы выяснилось, что водоёмы города Вологды имеют значительную рекреационную нагрузку. Вода исследуемых прудов отличается повышенным содержанием минеральных веществ, о чем свидетельствуют высокие значения общей минерализации – 591 мг/л. В ионном составе среди анионов преобладают гидрокарбонаты (348 мг/л), а катионов – кальций (62 мг/л). Количество сульфатов было значительно ниже гидрокарбонатов и составило 23 мг/л, а концентрация магния –



второго по значимости катиона – чуть выше 30 мг/л. В отличие от остальных прудов города в воде обнаружены высокие концентрации хлоридов (20 мг/л) и натрия (14 мг/л), которые, по-видимому, поступают с тальными водами с близлежащей дороги. Важное влияние на экологическое состояние водоемов оказывает присутствие в воде разного рода токсических веществ. В воде Архиерейских прудов при химическом анализе отмечаются повышенные концентрации меди – 6 ПДК, марганца – 4 ПДК, цинка – 3 ПДК, нефтепродуктов – 1,9 ПДК и железа – 1,7 ПДК.

## II. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Методика проведения исследований

Лабораторные опыты по изучению химических и органолептических показателей воды прудов Ковыринского парка проводились в лаборатории ВГМХА им. Верещагина.

Общая программа исследований представлена на рис. 1.



Рис. 1 – Схема исследований

## **2.2 Объекты исследования**

Основными объектами исследований служили пробы воды из прудов Ковыринского парка. Пруды находятся на расстоянии 150 метров друг от друга.

Воду отбирали из прудов в 2-х литровые пластиковые бутылки, предварительно вымытые без использования моющих средств и высушенные.

Для более длительного хранения производилось консервирование пробы путём добавления 1-3 мл. толуола на 1 л. воды.

## **2.3 Оценка цветового показателя**

Оценка цвета – один из показателей состояния водоема. Для определения цветности воды используется стеклянный сосуд и лист белой бумаги. В сосуд набирается вода и на белом фоне бумаги определяется ее цвет (голубой, зеленый, серый, желтый, коричневый) – показатель определенного вида загрязнения. Данные исследований занесли в таблицу.

При загрязнении водоема стоками промышленных предприятий вода может иметь окраску, не свойственную цветности природных вод. Для источников хозяйственно-питьевого водоснабжения окраска не должна обнаруживаться в столбике высотой 20 см, для водоемов культурно-бытового назначения – 10 см.

Соли железа, гуминовые кислоты придают воде жёлтый цвет. Зеленоватая окраска воды может быть связана с явлением эвтрофикации (перенасыщение питательными веществами: нитраты, соли аммония) и, как следствие, присутствием микроскопических водорослей. Результаты заносятся в таблицу.

## **2.4 Определение запаха воды**

Для определения запаха воды колу заполняют водой на 2/3 закрывают пробкой, сильно взбалтывают, и, открыв пробку определяется запах. Для

усиления запаха 100 мл. наливается в колбу, накрывается часовым стеклом и подогревается до 50-60 °С. Затем колба с водой снимается с огня и определяется характер запаха (см. Таблицу 1), и его интенсивность (см. Таблицу 2). Результаты заносятся в таблицу.

**Таблица 1.** Характер и род запаха воды естественного происхождения.

<b>Характер запаха</b>	<b>Примерный род запаха</b>
Ароматический	Огуречный, цветочный
Болотный	Илистый, тинистый
Гнилостный	Фекальный, сточной воды
Древесный	Мокрой щепы, древесной коры
Землистый	Глинистый
Плесневый	Затхлый, застойный
Рыбный	Рыбы, рыбьего жира
Сероводородный	Тухлых яиц

**Таблица 2.** Интенсивность запаха воды.

<b>Интенсивность запаха</b>	<b>Характер проявления запаха</b>	<b>Оценка интенсивности запаха</b>
Нет	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Запах сразу не ощущается	1
Слабая	Запах замечается, если обратить на это внимание	2

Заметная	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о качестве воды	3
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от употребления	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению	5

## 2.5 Определение прозрачности воды

Для определения прозрачности воды используется прозрачный мерный цилиндр с плоским дном, в который наливается вода, подкладывается под цилиндр на расстоянии 4 см от его дна шрифт, высота букв которого 2 мм, а толщина линий букв – 0,5 мм, и сливается вода до тех пор, пока сверху через слой воды не будет виден этот шрифт. Измеряется высота столба оставшейся воды линейкой и выражается степень прозрачности в сантиметрах. При прозрачности воды менее 3 см водопотребление ограничивается.

Уменьшение прозрачности природных вод свидетельствует об их загрязнении. Для питьевой воды этот слой должен быть не менее 30 см. Результаты заносятся в таблицу.

## 2.6 Определение карбонатной жесткости воды

В склянку наливают 10 мл анализируемой воды, добавляют 5 – 6 капель фенолфталеина. Если при этом окраска не появляется, то считается, что карбонат – ионы в пробе отсутствуют. В случае возникновения розовой окраски пробу титруют 0,05 н. раствором соляной кислоты до обесцвечивания. Концентрацию карбонат – ионов рассчитывают по формуле

$$C_{К} = \frac{V(HCl) \cdot 0,05 \cdot 60 \cdot 1000}{10} = V(HCl) \cdot 300 \quad ,$$

где – концентрация карбонат – иона, мг/л; – объем соляной кислоты, израсходованный на титрование, мл.

Затем в той же пробе определяется концентрация гидрокарбонат – ионов. К пробе добавляют 1 – 2 капли метилового оранжевого. При этом проба приобретает желтую окраску. Титруют пробу раствором 0,05 н. соляной кислоты до перехода желтой окраски в розовую. Концентрацию гидрокарбонат – ионов рассчитывают по формуле

$$C_{гк} = \frac{V(HCl) \cdot 0,05 \cdot 61 \cdot 1000}{10} = V(HCl) \cdot 305 \quad ,$$

где – концентрация гидрокарбонат – иона, мг/л; - объем соляной кислоты, израсходованной на титрование, мл.

## 2.7 Содержание взвешенных частиц

Этот показатель качества воды определяется фильтрованием воды через бумажный фильтр и последующим высушиванием осадка на фильтре в сушильном шкафу до постоянной массы.

Для анализа берется 500 мл воды. Фильтр перед работой взвешивается. После фильтрования осадок с фильтром высушивается до постоянной массы при 105 °С, охлаждается в эксикаторе и взвешивается. Весы должны обладать высокой чувствительностью, лучше использовать аналитические весы.

Содержание взвешенных веществ в мг/л в испытуемой воде определяется по формуле:

$$(m1 - m2) \cdot 1000/V,$$

где m1 – масса бумажного фильтра с осадком взвешенных частиц, г;

m2 – масса бумажного фильтра до опыта, г;

V – объем воды для анализа, л;

ПДК = 10мг/г.

## 2.8 Определение рН воды

Водородный показатель воды определялся на приборе ионметре универсальном ЭВ-74(прямая потенциометрия).

Для анализа берётся средняя проба (10 мл). и измеряется на ионометре универсальном ЭВ-74. Для определения рН использовали метод прямой потенциометрии, относящийся к группе электрохимических методов.

При проведении анализов устанавливали 2 электрода: стеклянный и хлорсеребряный. Измерения производили при комнатной температуре +18-20<sup>0</sup>С.

Показатели потенциометра (ионометра) сравнивали с показателями контрольного образца (дистиллированной воды).

Оба электрода прибора (стеклянный и хлорсеребряный) промывались дистиллированной водой и специальными растворами.

Измерялась рН при комнатной температуре с точностью до  $\pm 0,05$ . Повторность измерений трехкратная. Результаты заносили в таблицу и обрабатывали математически.

**Таблица 3.** Группа природных вод в зависимости от рН.

<b>Группа вод</b>	<b>рН</b>
Сильнокислые	Менее 3
Кислые	3-5
Слабокислые	5-6,5
Нейтральные	6,5-7,5
Слабощелочные	7,5- 8,5
Щелочные	8,5- 9,5
Сильнощелочные	Более 9,5

### III. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1 Определение органолептических и химических показателей

Серия опытов по определению органолептических и химических показателей воды прудов Ковыринского парка проводилась в 2013 году в лаборатории ВГМХА им. Н.В. Верещагина.

##### Диагностика цветового показателя

После проведения экспериментов по оценке цветового показателя, были получены следующие значения: проба воды №1 имеет зеленоватую окраску, проба воды №2 имеет желтоватую окраску. Окраска воды в обоих пробах обнаруживается в стеклянном сосуде на уровне менее 10 см. Для водоёмов культурно-бытового окраска не должна обнаруживаться в столбике высотой 10 см.

Зеленоватая окраска воды может быть связана с явлением эвтрофикации (перенасыщение питательными веществами: нитраты, соли аммония) и, как следствие присутствием микроскопических водорослей, а желтоватая окраска может быть следствием присутствия солей железа или гуминовых кислот.

##### Определение запаха воды

После проведения экспериментов по оценке запаха воды, были получены следующие значения: пробы воды №1 и №2 имеют одинаковый плесневый запах воды, но разную интенсивность запаха, в пробе №1 интенсивность запаха очень слабая (запах сразу не ощущается), в пробе №2 интенсивность запаха слабая (запах ощущается почти сразу).

Плесневелый запах свидетельствует о том, что вода застойная, какой она и является в пруду, интенсивность запаха воды в прудах разная, скорее

всего из-за разного количества микроорганизмов в ней, чем микроорганизмов больше, тем запах воды интенсивнее.



### Определение прозрачности воды

Результатами исследования воды на прозрачность являются следующие значения: проба №1 – текст виден через 10 см, а в пробе №2 через 12 см. Это соответствует показателям для природных вод. Уменьшение прозрачности свидетельствует об их загрязнении.

### Содержание взвешенных частиц

Содержание взвешенных веществ в мг/л в испытуемой воде определяется по формуле:

$$(m_1 - m_2) \cdot 1000/V,$$

где  $m_1$  – масса бумажного фильтра с осадком взвешенных частиц, г;

$m_2$  – масса бумажного фильтра до опыта, г;

$V$  – объем воды для анализа, л;

Содержание взвешенных частиц в пробе №1 – 4 мг/л, в пробе №2 – 2 мг / л.

Предельно допустимая концентрация взвешенных частиц 10 мг/л.

### Определение жёсткости воды

Карбонатная жесткость, определяется наличием в воде двууглекислых солей кальция и магния - характеризуется содержанием в воде гидрокарбоната кальция, который при нагревании или кипячении воды разлагается на практически нерастворимый карбонат и углекислый газ.

Концентрацию карбонат- ионов рассчитывали по формуле

$$C_k = \frac{V(HCl) \cdot 0,05 \cdot 60 \cdot 1000}{10} = V(HCl) \cdot 300$$

где  $C_k$  – концентрация карбонат – иона, мг/л;  $V(HCl)$  – объем соляной кислоты, израсходованный на титрование, мл.

После необходимых расчётов получили: в пробе №1 содержание карбонат - ионов 4 экв/ л, в пробе №2 содержание карбонат - ионов 8 экв/ л. Эти показатели свидетельствуют, что вода является средней жёсткости.

### Определение рН воды

Водородный показатель воды определялся на приборе ионметре универсальном ЭВ-74(прямая потенциометрия).

**Таблица 4.** Определение рН воды

	<b>Первое измерение</b>	<b>Второе измерение</b>	<b>Третье измерение</b>	<b>Средний показатель</b>
<b>Проба №1</b>	8.45	8.55	8.5	8.5
<b>Проба № 2</b>	6.9	6.95	6.9	6.9

Далее результаты трёх измерений обрабатывали математически (находили среднее арифметическое) и получили следующие значения: проба № 1 имеет показатель равный 8.5, а в пробе № 2 показатель равен 6.9 .

Оптимальный водородный показатель природных вод должен находиться в интервале 6.5-8.5. Реакция среды зависит от величины гидролиза растворимых солей, входящих в состав воды. Сточные воды промышленных предприятий уменьшают водородный показатель природных вод, бытовые и сельскохозяйственные – повышают.

### **3.2 Общие результаты исследований**

**Таблица 5.** Результаты исследований

<b>Показатели</b>	<b>Проба № 1</b>	<b>Проба № 2</b>
<b>Цветовой показатель</b>	желтоватая	зеленоватая
<b>Запах</b>	плесневелый	плесневелый
<b>Прозрачность</b>	10 см	12 см
<b>Взвешенные частицы</b>	4 мг/л	2 мг/л
<b>Жесткость воды</b>	8 экв/л	4 экв/л
<b>рН</b>	8.5	6.9

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Выдвинутая нами гипотеза подтвердилась, показатели воды удовлетворительные.
2. На данный момент угроза для отдыхающих парка отсутствует.
3. Для улучшения состояния водоёмов необходима его очистка, т.к. в прудах скопилось много мусора. Для недопущения загрязнения воды необходимо расставить специальные таблички, запрещающие мойку автомобилей, и складирование ТБО близ водоёмов.
4. В перспективе дальнейшего развития проекта планируется оценить ионный состав воды, изучить пруды комплексно, как экосистему, используя методы биоиндикации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаптев Ф.Ф. Анализ воды [Текст] // М.–1955.–144 с.
2. Мидгли Д. Потенциометрический анализ [Текст] / Д. Мидгли, К. Торренс // М.– 1980.– 519 с.
3. Моисеенко Т.И. Формирование химического состава вод озёр в условиях изменения окружающей среды / Т.И. Моисеенко, Н.А. Гашкина // М.– 2010.– 38 с.
4. Никитина Л.И. Определение качества воды по биологическим, физическим и химическим показателям [Текст] // Хабаровск.– 2008.–78 с.
5. Сойфер В.Н. Современное естествознание [Текст] // М.– 2000.– 328 с.
6. Стадницкий Г.В. Экология [Текст] // М.– 1997.– 204 с.
7. Тикунова И.В. Справочник молодого лаборанта-химика [Текст] //М.– 1985.–14 с.
8. Цитович И.К. Курс аналитической химии [Текст] // М.–1994.– 222 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**



Рис. 2 Малый пруд



Рис. 2 Большой пруд

**Расчёт определения карбонатной жёсткости**

1. Проба №1

$$C_k = (20 \cdot 0,05 \cdot 60 \cdot 1000) / 10 = 6$$

Карбонатная жёсткость воды в пробе №1 равна 6 экв/л

2. Проба №2

$$C_k = (30 \cdot 0,05 \cdot 60 \cdot 1000) / 10 = 9$$

Карбонатная жёсткость воды в пробе №2 равна 9 экв/л

НСР к таблице 4

№ пробы	Повторность			Сумма V	Y <sub>r</sub>	V <sup>2</sup>
	1	2	3			
1	8,45	8,55	8,5	25,5	8,5	650,25
2	6,9	6,95	6,9	20,75	6,9	430,5625
				46,25	7,7	1080,8125

$$N = v * n = 2 * 3 = 6$$

$$\sum y^2 = 8,45^2 + 8,55^2 + 8,5^2 + 6,9^2 + 6,95^2 + 6,9^2 = 360,2775$$

$$\Delta = (\sum y)^2 / N = 46,25^2 / 6 = 356,5104$$

$$CKO = \sum y^2 - \Delta = 360,2775 - 356,5104 = 3,7671$$

$$CKV = \sum V^2 / (n - \Delta) = 1080,8125 / 3 - 356,5104 = 3,7604$$

$$CKE = CKO - CKV = 3,7671 - 3,7604 = 0,0067$$

Источник вариации	СК	Доля от общей вариации	сс	S <sup>2</sup>	F
Общий (CKO)	3,7671	100	5	—	—
Кислотность (CKV)	3,7604	99,8	3	1,8802	1709,2
Остаток (CKE)	0,0067	0,2	2	0,0033	—

$$V \text{ (степень вариации)} = 2,73 \%$$

$$E \text{ (стандартная ошибка)} = 1,02 \%$$

Вывод: т.к. E < 3 %, то эксперимент проведён с высокой точностью.