

**Абакумов Е. В.
Дубовиков Д. А.
Поляков В. И.**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ОФОРМЛЕНИЮ И ВЫПОЛНЕНИЮ
ПИСЬМЕННЫХ РАБОТ
И СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ
РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ
ЭКОЛОГИИ, БИОРАЗНООБРАЗИЯ
И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ**

Учебное пособие

2026

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет»

Е. В. Абакумов, Д. А. Дубовиков, В. И. Поляков

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ОФОРМЛЕНИЮ И ВЫПОЛНЕНИЮ
ПИСЬМЕННЫХ РАБОТ И СТАТИСТИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИИ, БИОРАЗНООБРАЗИЯ
И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ**

Учебное пособие

Электронное издание
локального распространения

Санкт-Петербург
Наукоемкие технологии
2026

© Абакумов Е. В., Дубовиков Д. А.,
Поляков В. И., 2026
ISBN 978-5-00271-162-8

УДК 574:378.147(075.8)
ББК 28.080я73
А13

Рецензент:

Елена Вячеславовна Шамрикова – д.б.н., Коми научный центр УрО РАН,
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

А13 Абакумов Е. В., Дубовиков Д. А., Поляков В. И. Методические указания по оформлению и выполнению письменных работ и статистической обработке результатов научных исследований в области экологии, биоразнообразия и охраны природы [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. В. Абакумов, Д. А. Дубовиков, В. И. Поляков. – Электрон, текстовые дан. (0,8 Мб). – СПб.: Научные технологии, 2026. – 36 с. – 1 электрон., опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-5-00271-162-8

В учебном пособии изложены подробные методические указания по оформлению и выполнению письменных работ и статистической обработке результатов научных исследований в области экологии, биоразнообразия и охраны природы.

Предназначено для обучающихся, осваивающих основную образовательную программы магистратуры Санкт-Петербургского государственного университета «Экология. Биоразнообразие и охрана природы». При этом оно может быть использовано и студентами смежных направлений обучения.

Текстовое электронное издание

Минимальные системные требования:

- процессор: Intel x86, x64, AMD x86, x64 не менее 1 ГГц;
- оперативная память RAM ОЗУ: не менее 512 МБайт;
- свободное место на жестком диске (HDD): не менее 120 МБайт;
- операционная система: Windows XP и выше;
- Adobe Acrobat Reader;
- дисковод CD-ROM;
- мышь.

УДК 574:378.147(075.8)
ББК 28.080я73

ISBN 978-5-00271-162-8

© Абакумов Е. В., Дубовиков Д. А.,
Поляков В. И., 2026

Учебное издание

Абакумов Евгений Васильевич
Дубовиков Дмитрий Александрович
Поляков Вячеслав Игоревич

**Методические указания по оформлению и выполнению
письменных работ и статистической обработке результатов
научных исследований в области экологии,
биоразнообразия и охраны природы**

Учебное пособие

Электронное издание
локального распространения

Корректор *Я. А. Веретнова*
Верстка *Ю. Н. Сафонкина*
Главный редактор *В. М. Коровин*

Издательство «Наукоемкие технологии»
ООО «Корпорация «Интел Групп»
<https://publishing.intelgr.com>
E-mail: publishing@intelgr.com
Тел.: +7 (812) 945-50-63
Интернет-магазин издательства
<https://shop.intelgr.com/>

Подписано к использованию 28.08.2026 г.
Объем издания – 0,8 Мб.
Комплектация издания – 1 CD.
Тираж 100 CD.

ISBN 978-5-00271-162-8



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. Виды письменных работ, выполняемых на кафедре прикладной экологии, требования к их оформлению и содержанию.....	6
1.1. Отчет по летней практике	6
1.2. Реферат.....	7
1.3. Курсовая работа	7
1.4. Выпускная квалификационная работа бакалавра.....	8
1.5. Магистерская диссертация.....	9
1.6. Кандидатская диссертация.....	9
1.7. Отчет о научно-исследовательской работе	10
1.8. Использование баз данных	11
1.9. Использование искусственного интеллекта в научной работе	11
2. Правила оформления письменных работ	14
2.1. Общие требования	14
2.2. Оформление графического материала.....	16
2.3. Оформление таблиц.....	16
2.4. Оформление формул.....	17
2.5. Оформление сносок	18
2.6. Оформление списка литературы	18
2.7. Оформление приложений	20
3. Требования к статистической обработке материала	21
3.1. Вычисление статистических характеристик выборки	21
3.2. Дисперсионный анализ.....	23
3.3. Преобразования экспериментальных дат	25
4. Порядок прохождения и рецензирования письменных работ.....	31
5. Требования к иллюстрациям на защите.....	32
6. Требования к докладам на защите.....	33
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	34
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	35
ПРИЛОЖЕНИЕ В	36

ВВЕДЕНИЕ

Материал, изложенный в учебном пособии, служит для достижения компонентов следующих образовательных компетенций:

- Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.
- Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия.
- Способен определять круг задач, планировать, реализовывать собственный проект, в т. ч. предпринимательский, в профессиональной сфере.
- Способен использовать методы получения и работы с информацией в профессиональной сфере с учетом современных технологий цифровой экономики, искусственного интеллекта и науки о данных, а также информационной безопасности.
- Способен представлять сведения о профессиональной деятельности на языке, понятном неспециалистам, взаимодействовать с представителями различных культур, в том числе в сферах обязательного использования государственного языка РФ.
- Способен применять нормативные правовые акты в сфере экологии и природопользования, нормы профессиональной этики.
- Способен проектировать, представлять, защищать и распространять результаты своей профессиональной деятельности, в том числе научно-исследовательской.
- Способен профессионально представлять в форме научных публикаций и докладов результаты научно-исследовательских и производственно-технологических работ в области экологии.

1. ВИДЫ ПИСЬМЕННЫХ РАБОТ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ НА КАФЕДРЕ ПРИКЛАДНОЙ ЭКОЛОГИИ, ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ОФОРМЛЕНИЮ И СОДЕРЖАНИЮ

Согласно учебному плану и общей структуре системы обучения студентов и аспирантов на кафедре прикладной экологии предусмотрено выполнение следующих видов письменных работ:

- Отчеты полевой практике.
- Рефераты.
- Курсовые работы.
- Выпускные квалификационные работы бакалавров.
- Выпускные квалификационные работы магистров.
- Кандидатские диссертации.

Отчеты по летней практике, рефераты и курсовые работы служат для контроля текущей успеваемости студентов и приобретения ими навыков работы с литературой и основ научно-исследовательской работы. При этом отчеты по летней практике являются обязательными для аттестации обучающихся. Рефераты и курсовые работы выполняются по желанию студентов и по договоренности с преподавателем с последующим утверждением темы на заседании кафедры. К обязательным письменным работам относятся выпускные квалификационные работы бакалавров и магистерские диссертации.

1.1. Отчет по летней практике

Главная цель отчета – закрепление знаний, приобретенных студентом на летней полевой практике, в виде письменной работы, состоящей из нескольких последовательных разделов: «Введение», «Содержание», «Природная характеристика района исследования», «Характеристика экосистем (биотопы, почвы, флора и растительность, фауна, гидрология)», «Аналитические данные», «Календарный отчет по проведенным работам», «Список литературы», «Приложения». Структура отчета может изменяться в зависимости от особенностей конкретной практики. Так, в случае летней практики отчет разбивается как минимум на две части: отчет за полевой период (практика в Нижне-Свирском государственном заповеднике) и отчет за индивидуальную часть (та часть практики, которая проходит под руководством научного руководителя). Отдельный отчет предоставляется по производственной практике, которая в учебном плане занимает отдельное место и проводится в сентябре третьего семестра обучения в магистратуре. На титульном листе отчета необходимо указать: название предмета, Ф. И. О. преподавателя, номер бригады и ее состав (для коллективных отчетов и практик).

Минимальный объем отчета – 10–15 страниц, при этом основная его часть («Характеристика объектов исследования») должна составлять не менее 50% объема. Максимальный объем отчета не ограничен, но при этом не нужно включать в его содержательную, основную часть описания растительных сообществ, почвенных разрезов и т. п. Эти разделы необходимо размещать в приложениях. В качестве приложения к отчету могут выступать карты, схемы геоботанических профилей, таблицы с результатами химического анализа объектов исследования, графический материал.

Отчет по летней практике предоставляется только в печатном виде в одном экземпляре для хранения на кафедре.

1.2. Реферат

Реферат – это способ обобщения литературного материала, который необходим для закрепления знаний студентами. Как правило, рефераты используются в качестве способа обучения при чтении отдельных курсов и служат формой текущего контроля знаний студентов. При этом преподаватель помогает выбрать тему реферата, обозначить основные проблемы, которые будут в нем отражены.

Для написания реферата, как правило, используется не менее пяти литературных источников, слишком большое количество цитируемой литературы затрудняет написание и оформление реферата. Самая распространенная ошибка студентов при написании рефератов – это списывание отдельных кусков текста без их анализа, что сразу становится заметным при чтении реферата преподавателем.

Цель реферата – анализ современного состояния в решении той или иной научной проблемы, обобщение полученных данных и обозначение проблем, стоящих перед современной наукой. При этом необходима достаточно глубокая проработка литературы.

Реферат, как правило, состоит из:

- титульного листа;
- содержания;
- введения;
- обзора проблемы;
- заключения;
- списка литературы.

Оптимальный объем реферата – 10–20 страниц.

1.3. Курсовая работа

Цель курсовой работы – выполнение небольшой по объему научно-исследовательской работы. При этом студентом вместе с научным руководителем ставится цель, формулируются основные задачи работы и подбираются объекты и методики исследования почв. Курсовая работа обычно состоит из 25–30 страниц текста с приложениями. Она обязательно включает следующие разделы:

- Титульный лист.
- Содержание.
- Введение.
- Глава 1 – Обзор современных достижений в данной области науки.
- Глава 2 – Объекты и методы исследования.
- Глава 3 – Результаты исследований и их обсуждение.
- Выводы.
- Список литературы.
- Приложения.

При написании курсовой работы следует учесть, что глава 1, или, как ее чаще неправильно называют, «Литобзор» или «Обзор литературы», предназначена для рассмотрения основных проблем, стоящих перед наукой в данной области, перечисления основных достижений и заканчивается оценкой перспектив решения проблем и вопросов. Лучше называть эту главу «Современное состояние научных исследований по проблеме...». Ошибочно думать, что в главе 1 необходимо приводить подробную характеристику основных факторов существования изучаемых экосистем и ландшафтного положения участков – эти характеристики указывают в главе 2 – при характеристике объектов исследования.

Курсовая работа считается законченной, если в ней содержится собственный экспериментальный или расчетный материал. Между тем иногда студенты пишут и реферативные курсовые работы, например, в области истории почвоведения и т. п. В этих случаях структура курсовой работы изменяется, разделы, связанные с рассмотрением объектов и методов, заменяются расширенным обзором современного состояния науки в области исследования, обсуждением и заключением.

1.4. Выпускная квалификационная работа бакалавра

Выпускная квалификационная работа (ВКР) – самостоятельная работа студента, выполняемая под руководством преподавателя университета или научного сотрудника СПбГУ или другого учреждения. Целью ВКР является ознакомление студентов с научными проблемами в избранной области почвоведения и приобретение навыков экспериментальной работы. Часто ВКР являются продолжением факультативных курсовых работ, выполнявшихся ранее.

ВКР могут быть реферативными и исследовательскими. В случае реферативной работы студент делает обзор литературы по одному из направлений фундаментальной или прикладной экологии. В работе должен быть проведен критический анализ проблемы с обобщениями и выводами, это ни в коем случае не должен быть пересказ прочитанной литературы или краткий конспект нескольких десятков источников. В работе должны присутствовать следующие разделы: введение, собственно обзор литературы с ее анализом, заключение, в котором дается критический анализ проблемы.

Исследовательская работа включает в себя экспериментальные исследования, разработку и совершенствование методик, разработку технологических проектов, обзор и определение коллекций и пр. В работе должны быть представлены разделы:

- Введение.
- Обзор современных достижений науки в данной области.
- Объекты и методы исследования.
- Результаты и обсуждение.
- Выводы и/или заключение.
- Список литературы.

Объем ВКР должен составлять не менее 20 страниц через полтора интервала, не считая иллюстраций и списка литературы. Работа может быть иллюстрирована таблицами, фотографиями, рисунками и схемами.

Работа, подписанная студентом и руководителем (и куратором, если руководитель из сторонней организации) представляется секретарю кафедры за 5 дней до защиты для

обеспечения качественного рецензирования. Результат защит объявляют в день защиты после оформления протоколов заседания ГЭК.

1.5. Магистерская диссертация

Магистерская диссертация – особый вид ВКР, защищаемой на конечном этапе обучения студента в магистратуре. Магистерская диссертация – научное исследование, выполненное под руководством высококвалифицированного специалиста. Работа, как правило, содержит результаты теоретических и экспериментальных исследований, может включать разработку новых методов и методических подходов. Магистерская диссертация включает:

- Введение.
- Обзор современных достижений науки в данной области.
- Объекты и методы исследования.
- Результаты и обсуждение.
- Выводы и/или заключение.
- Список литературы.

Материал работы должен быть изложен лаконично, емко, аргументировано. Объем магистерских диссертаций в среднем не должен превышать 75 страниц через два интервала, не считая иллюстраций, таблиц, подписей к рисункам, списка литературы. Первичный материал рекомендуется выносить в приложения. В самом же тексте диссертации результаты исследований должны быть представлены в виде информативных таблиц, графиков, иллюстраций, рисунков. Описания экосистем, почв, ландшафтов, свалок, терриконов, массивные данные химических анализов, карты и картосхемы должны быть приведены, как правило, в приложениях.

Работа, подписанная студентом, заведующим кафедрой, научным руководителем работы и руководителем магистерской программы должны быть предоставлены на кафедру для проверки не позднее чем за 5 дней до защиты и рецензентам – не позднее чем за две недели до защиты.

1.6. Кандидатская диссертация

Кандидатская диссертация представляет собой завершенное научное исследование в какой-либо области науки. В отличие от докторской диссертации, кандидатская работа обычно не претендует на открытие нового научного направления или научной школы. Для защиты кандидатской диссертации необходимо, чтобы ее материал в основной массе был получен самостоятельно в ходе экспериментов, полевых и лабораторных работ, обработан, оценен статистически, проанализирован в сравнении с современными литературными данными, прошел хорошую апробацию и был частично или полностью опубликован. Необходимо учесть, что для защиты диссертации необходимо опубликовать как минимум три статьи (в настоящее время принято представлять к защите работы, по которым опубликовано как минимум 5–7 работ). Список журналов, в которых должны быть опубликованы статьи, регулируется ВАК (<https://vak.gisnauka.ru/documents/editions>) или диссертационным советом, имеющим право самостоятельного присуждения ученых степеней. В случае списка ВАК необходимо строго следить, чтобы журнал был рекомендован ВАК для защит именно в области искомой научной специальности («Экология (биологические науки)», «Экология

(химические науки)», «Геоэкология (географические науки)», «Почвоведение (биологические науки)»).

Структура кандидатской диссертации:

- Титульный лист.
- Содержание.
- Введение (3–6 страниц). Во введении обосновывается выбор темы работы, отражается ее актуальность, показывается научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, указывается при чьей поддержке (гранты, фонды, стипендии) выполнена работа, помещаются благодарности. Во введении формулируются цели и задачи работы.
- Глава 1 (20–40 страниц). По сути, она представляет собой т. н. «Обзор литературы», но должна называться в соответствии с ее содержанием, например, «Современное состояние изученности залежных экосистем и почвенного покрова агрогенных ландшафтов Северо-Западного региона». Целесообразно рассмотреть, в каком состоянии на современный момент находится научное направление, что уже сделано другими авторами, что в этом вопросе еще не ясно и требует дальнейшего исследования. Если диссертация затрагивает несколько проблем (а в экологии так и бывает), то необходимо разбить главу 1 на несколько подразделов: 1.1, 1.2, 1.3 и т. д.
- Глава 2 (10–20 страниц) посвящена рассмотрению объектов и методов исследования. В случае экосистемных (ботанических, почвенных) объектов необходимо обозначить их местоположение, общую характеристику местности, систематическое положение, возможно приведение краткого описания отдельных компонентов экосистем. Методы исследования должны быть перечислены с ссылками на литературный источник, при этом подробно описываются только новые методики и подходы. Если в работе используются данные полевого или лабораторного эксперимента, то необходимо кратко и емко его описать.
- Глава 3 (60–90 страниц) «Результаты исследования и их обсуждение». Нередко эти главы разбивают на разделы описания результатов и на отдельное их обсуждение, но в почвенных работах это делать вряд ли целесообразно, поскольку описывать результаты без одновременного обсуждения сложно. В этой главе должны быть приведены только емкие табличные или графические данные, основной первичный материал должен быть помещен в приложения.
- Заключение (необязательный раздел) включает в себя емкое обобщение новых результатов, полученных в работе и сравнении их с современным уровнем знаний.
- Выводы (обязательный раздел, объем до 4 страниц). Выводы соответствуют поставленным задачам, формулируются емко и кратко.
- Список литературы.
- Приложения.

1.7. Отчет о научно-исследовательской работе

Отчет о научно-исследовательской работе – это форма научной отчетности в случае выполнения договорных или плановых научно-исследовательских работ. В настоящее время, как правило, такие отчеты предоставляются для отчетов по грантам мэрии Санкт-Петербурга и прикладным грантам в России.

Структура отчета:

- Титульный лист. Характерная особенность титульного листа состоит в том, что он содержит данные о научном направлении по какому-либо классификатору (УДК, ГРНТИ и т. п.), в нем предусмотрено место для подписи руководителя организации («Утверждаю директор») и печати, а также место для регистрации в принимающей организации.
- Реферат (не более 1 страницы).
- Список принятых в отчете сокращений.
- Содержание.
- Введение (4–5 страниц). Во введении проводится краткое описание проблемы, приводится формулировка цели и задач, поставленных заказчиком исполнителю НИР.
- Глава 1 (не более 10 страниц) Включает описание современного уровня достижений по теме НИР.
- Глава 2 (около 10 страниц) Включает описание методов и объектов исследования.
- Глава 3 (от 20 до 60 страниц) «Результаты исследования и их обсуждение» – емкое и полное описание результатов, их обсуждение, сопоставление с литературными данными.
- Заключение (не более 5 страниц).
- Выводы (не более 5 страниц).
- Список литературы.
- Приложения.

1.8. Использование баз данных

При подготовке обзора литературы по теме ВКР в области экологии обучающимся рекомендуется использовать следующие электронные базы данных:

1. Научную библиотеку им. М. Горького СПбГУ (<https://library.spbu.ru/ru/>), где есть функциональные возможности поиска электронных ресурсов, поиска печатных изданий, поиска по электронным источникам.
2. Российский индекс научного цитирования, РИНЦ, elibrary (<https://elibrary.ru/>), содержащий, в том числе в открытом доступе, массивы научной литературы на разных языках, но преимущественно на русском.
3. Базу данных Google Академия – Google Scholar (<https://scholar.google.com/>).
4. Базу данных Scopus (<https://www.scopus.com/>), содержащую абстракты (аннотации) статей (преимущественно на английском языке), опубликованных с 1996 года, хотя там встречаются и более ранние источники.
5. Базу данных Web of Science (<https://www.webofscience.com/wos/>), во многом аналогичную базе данных Scopus, но отличающуюся более строгими требованиями по включению в нее научных изданий.
6. Белый список журналов (<https://journalrank.rcsi.science/ru/>), необходимый для проверки цитируемых источников на предмет их отсутствия в списке нежелательных изданий.

1.9. Использование искусственного интеллекта в научной работе

Искусственный интеллект (ИИ) с 2024 года может использоваться для подготовки ВКР обучающимися СПбГУ. При этом в СПбГУ формально зафиксированы некоторые

требования по использованию ИИ в подготовке, например, научных статей. Так, политика в области использования ИИ Вестника СПбГУ, серия «Право» [URL: <https://lawjournal.spbu.ru/about/AIPolicy>, дата обращения: 27.05.2026], декларирует, что:

«– Использование ИИ-сервисов в изданиях СПбГУ допустимо в качестве вспомогательных инструментов в процессе подготовки рукописи для улучшения качества текста при условии полного раскрытия информации об использовании сервисов ИИ и последующей проверки авторами каждого полученного с использованием ИИ результата...

– ИИ не является и не может быть указан в качестве соавтора.

– Авторы обязаны раскрыть любое использование ИИ или ИИ-сервисов в своих рукописях, в том числе с указанием их названия и версии, привести описание и цель их использования. Эта информация должна быть включена во введение отдельным абзацем.

– Возможный вариант формулировки: „При подготовке статьи использовались ИИ-сервисы: [название, версия/модель] для [цель, например, перевод, литературное редактирование и т. п.]. Все результаты проверены авторами; конфиденциальные и неопубликованные ранее данные в публичные сервисы не передавались“.

– Проверка грамматики, орфографии и пунктуации, а также перевод фрагментов статьи на иностранный язык не требует заявления.

– Авторы несут ответственность за содержание рукописи, созданной с использованием ИИ-сервисов. Содержание рукописи перед отправкой в редакцию должно быть тщательно проверено, включая библиографию и точность цитирования, и отредактировано авторами самостоятельно.

– Рукописи, рецензии, неопубликованные ранее правомерным образом тексты или изображения, а также персональные сведения не должны загружаться в публичные ИИ-сервисы. Под публичным ИИ-сервисом понимается внешняя онлайн-платформа, в которой провайдер может хранить/использовать введенные данные.

– Результаты, полученные с помощью ИИ, должны быть проверяемыми; авторы обязаны сохранить след использования (промпты/скрипты/параметры) и по запросу предоставить редакции...

Недопустимые области использования:

- *Написание текста рукописи, создание содержательных разделов текста без участия автора.*

- *Изменение или корректировка данных исследований, лежащих в основе публикации.*

- *Подготовка или содержательное редактирование иллюстративного материала (визуализации данных), за исключением цветокоррекции иллюстративного материала, если оно не несет в себе изменение содержания.*

Авторы несут полную ответственность за точность, оригинальность и этическое соответствие всех материалов, в том числе при использовании ИИ-сервисов».

Мы рекомендуем, также ознакомиться с **Политикой применения инструментов генеративного искусственного интеллекта (ИИ) в процессе обучения, подготовки кур-**

совой и выпускной квалификационной работы учащимися, исследователями и преподавателями, разработанной Высшей школой менеджмента СПбГУ [URL: <https://gsom.spbu.ru/about-gsom/dokumenty/politic/>, дата обращения: 27.05.2026]. Полезно также ознакомиться с Кодексом этики в сфере ИИ [URL: <https://ethics.a-ai.ru/> – дата обращения: 27.05.2026] и с Декларацией об ответственной генеративной ИИ [URL: <https://ethics.a-ai.ru/genai-declaration/>, дата обращения: 27.05.2026].

С точки зрения биолога и эколога, следует отметить следующее:

1. Недопустимо использовать ИИ для генерации изображений биологических объектов и объектов окружающей среды, кроме нарушения этических норм. Это приводит к деградации гносеологического аппарата обучающихся, а также к деградации способности обучающего к фиксации визуального образа объекта при проведении полевых и камеральных исследований.

2. Преподавателям рекомендуется строго следить за ведением полевого дневника и лабораторного журнала, это важно для проверяемости исходных фактических данных. Более того, если обучающийся будет вести полевой дневник и лабораторный журнал, он поймет, что далеко не все данные можно сфальсифицировать или сгенерировать так, что они будут хоть сколько-нибудь похожими на реальность;

3. Опыт показывает, что ИИ не всегда адекватно оценивает методы, с помощью которых проводились химические анализы биологических объектов. Так, существует несколько методов пробоподготовки почвы и растительных материалов для определения тяжелых металлов. Это может приводить к существенным расхождениям результатов исследования. ИИ пользуется конечными опубликованными данными, пренебрегая деталями их получения, это приводит к существенным логическим ошибкам и катастрофическим последствиям при принятии решений в области прикладной экологии.

2. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПИСЬМЕННЫХ РАБОТ

2.1. Общие требования

Все виды письменных работ выполняются на одной стороне стандартного листа формата А4 (210х297 мм) машинописным способом через два интервала или с использованием компьютера в редакторе Word шрифтом Times New Roman в масштабе 14 через 1,5 интервала. Не допускается использование шрифтов разных типов.

Порядок выполнения всех видов письменных работ регламентируется в основном требованиями ГОСТ 2.105–95 «Общие требования к текстовым документам».

Текст следует печатать, соблюдая следующие размеры полей:

Левое – не менее 20 мм.

Правое – не менее 10 мм.

Верхнее – не менее 15 мм.

Нижнее – не менее 20 мм.

Текст должен быть четким и разборчивым. В заголовках глав и разделов следует избегать переносов. Знаки препинания ставятся без пробелов сразу же после слова.

Письменная работа начинается с перечисления разделов, из которых она состоит, – содержание работы (неправильно писать «Оглавление»). Слово «СОДЕРЖАНИЕ» пишется прописными буквами и размещается по центру относительно правого и левого полей листа. Аналогично пишется слово «ВВЕДЕНИЕ» в соответствующем разделе.

Текст письменной работы делят на разделы и подразделы. Номера разделов следует обозначать арабскими цифрами без точки на конце, далее через пробел название раздела, которое пишется прописными буквами с абзачного отступа, без переносов слов, например:

2.1 Экосистемы Северо-Западного Приладожья: разнообразие, свойства, функционирование.

Если заголовок состоит из нескольких предложений, то между ними ставится точка, например:

2.2 История фундаментальной и прикладной экологии в Санкт-Петербургском университете. Формирование русского естествознания.

Точку в конце заголовка не ставят.

Заголовок раздела или подраздела должен быть отделен от текста пустой строкой.

Нельзя подчеркивать заголовки или выделять их жирным шрифтом. Для выделения важности разделов или подразделов можно использовать различные размеры шрифтов.

Раздел всегда начинается с новой страницы, но на одной странице может располагаться несколько подразделов.

Заголовки разделов и подразделов пишут с прописной буквы (первая буква прописная, остальные – строчные).

Не допускается оставлять заголовок в конце листа бумаги без следующего за ним текста, например:

Неправильный вариант:

2.3 Химическая характеристика гуминовых кислот.

..

новый лист

Гуминовые кислоты исследованных черноземов характеризуются пониженной гидрогенизированнойностью, повышенной окисленностью, в отличие от гуминовых кислот бурых лесных почв.

Правильный вариант:

2.3 Химическая характеристика гуминовых кислот.

Гуминовые кислоты исследованных черноземов характеризуются пониженной гидрогенизированнойностью, повышенной окисленностью, в отличие от гуминовых кислот.

..

новый лист

бурых лесных почв.

Вместе с подзаголовком на странице должно остаться не менее двух строчек текста.

В тексте допускаются перечисления, для их обозначения используют символы «*», «—», которые ставятся перед каждой позицией перечисления. Если в тексте дается ссылка на одно из перечислений, то перечисление обозначается арабскими цифрами со скобкой или строчными буквами русского алфавита со скобкой. При этом цифры по иерархии перечислений выше, например:

- 1)
 - a)
 - б)
 - в)
- 2)
 - a)
 - б)

Каждое перечисление должно начинаться с абзацного отступа, при детализации перечисления добавляется еще один абзацный отступ.

Нумерация страниц – одно из важнейших требований, которое должно быть соблюдено строго в соответствии со следующими требованиями:

- нумерация осуществляется арабскими цифрами;
- номера проставляются посередине верхнего поля страницы;
- размер шрифта номера не должен превышать размер шрифта основного текста.

В тексте не ставят знак минус «-», а пишут слово «минус». Знак «-» можно ставить в таблицах, формулах, рисунках. Без числовых значений нельзя пользоваться математическими знаками меньше «<», больше «>», равно «=» и прочим (обозначения процента, больше или равно, номер и т. п.).

Применение условных обозначений, знаков и изображений должно быть либо пояснено в тексте, либо в отдельном разделе «Обозначения и сокращения».

2.2. Оформление графического материала

К графическому материалу относятся рисунки, графики и диаграммы. Графический материал размещают в основном тексте после ссылки на него, а также в приложениях. Графический материал должен быть набран в теле текста, не допускается вклеивание отдельно нарисованных таблиц, графикой и рисунков.

Графические материалы нумеруются арабскими цифрами, при этом нумерацию должна быть сквозной, через весь текст работы.

Рисунки, графики и диаграммы должны иметь наименование, оно размещается под рисунком, графиком или диаграммой и начинается в любом случае со слова «Рисунок», далее следует номер, тип и наименование рисунка с прописной буквы.

При необходимости рисунок снабжают пояснительными данными – расшифровка символов на графиках и т. п. Эти данные необходимо помещать между рисунком и названием.

Если иллюстрация одна, то ее не нумеруют и слово «рисунок» не пишут.

Все виды графического материала обозначаются словом «рисунок», т. е. собственно рисунки, а также графики, диаграммы, картосхемы, фотографии. Нельзя вести отдельную нумерацию рисунков (рисунок 1, 2, 3...), фотографий (фото 1, 2, 3...), диаграмм (диаграмма 1, 2, 3...). Все они должны быть обозначены и пронумерованы как рисунки.

2.3. Оформление таблиц

Таблицы помещают либо в основном тексте после первой ссылки на таблицу, либо в приложениях. Сначала пишется слово «таблица», затем ее номер, затем название таблицы. Слово «таблица» и первое слово ее названия начинаются с прописной буквы, название таблицы выравнивается по левому краю.

Заголовки граф и строк пишут с прописной буквы, подзаголовки – со строчной буквы, если они представляют одно предложение с заголовком и с прописной, если они имеют самостоятельное значение.

В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

В таблицах, особенно в заголовках и подзаголовках, недопустимо деление при помощи диагональной линии.

Допускается помещать таблицу как вдоль короткой (обычное расположение), так и вдоль длинной стороны листа (употребляется при приведении данных валового состава почв и фракционного состава гумуса).

В приложениях часто приходится иметь дело с длинными таблицами, которые могут быть размещены только на нескольких листах. При этом на первом листе вводят строку с номерами граф после названия граф, эта строка должна быть первой на всех следующих листах таблицы. Номер и название таблицы указывают на первом листе таблицы. На следующих частях пишут: «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы».

При размещении таблицы на нескольких страницах черту, ограничивающую низ таблицы, не проводят.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице измерения, то ее обозначение помещают над таблицей справа. В графах таблицы обозначения единиц измерения приводятся после запятой, следующей за описываемым показателем. Если все данные в строке измеряются одной единицей, то после наименования

строки (подзаголовка) необходимо поставить запятую и после нее дать обозначение единицы измерения. При сокращении текста заголовков допускается замена их буквенными обозначениями в тех случаях, если они были пояснены в тексте или являются общепринятыми, например, Сорг, рНКСL.

Таблица 1. Примеры обозначения единиц измерения в таблицах

A	B	C1	C2	C3
содержание углерода в лесной подстилке, %				
0,5	0,2	0,1	0,1	0,1
содержание азота в лесной подстилке, %				
0,01	0,01	–	–	–

Таблица 2. Примеры обозначения единиц измерения в случае, если все данные таблицы измеряются одни и те же единицы, кг/м²

A	B	C
запас опада в лесной экосистеме		
10	10	10
запас опада в лесостепной экосистеме		
10	10	10

При отсутствии данных в таблице ставят прочерк (тире), не нужно писать слова «не опр.». Цифры должны быть написаны так, чтобы разряды чисел располагались один над другим. В одной графе должно быть соблюдено одинаковое количество десятичных знаков для всех значений величин.

2.4. Оформление формул

Формулы по всему тексту нумеруют арабскими цифрами. Эти цифры записывают на уровне формулы справа в круглых скобках, формулу помещают в центре листа. Формулы всегда содержат символы, которые необходимо расшифровывать. Если символы не объяснены в тексте, то их поясняют сразу под формулой, начиная со слова «где»:

$$CBO = \frac{CCO_2 - COX}{CCO_2} \quad (2)$$

где CBO – степень внутримолекулярной окисленности органического вещества лесной подстилки;

CCO₂ – содержание углерода, определенное прямым способом;

COX – содержание углерода, определенное косвенным способом.

Формулы можно оформлять рукописно, но сочетание машинописных и рукописных знаков в одной формуле не допускается.

В случае если одни и те же скобки применяются много раз, то внешние скобки должны быть больше внутренних.

2.5. Оформление сносок

Сноска служит для размещения вспомогательного текста пояснительного или справочного характера. Сноски обычно связывают с основным текстом работы знаком (*) или цифрой. Знак сноски ставят на уровне верхнего обреза шрифта после слова, цитаты, предложения и т. п., например:

Биохимические анализы были выполнены в лаборатории кафедры прикладной экологии*

Текст сноски выглядит в конце страницы следующим образом:

..

* только анализы растительного материала.

Нумерация сносок для каждой страницы отдельная, нельзя приводить на одной странице больше четырех сносок. Если возникает необходимость оформления большего числа сносок, то их помещают отдельным разделом «ПРИМЕЧАНИЯ» после раздела «ВЫВОДЫ».

Сноски помещают в конце листа, отделяя их от основного текста тонкой линией, проведенной от левого края листа, длина линии должна быть около 1/3 листа.

Аналогично сноски оформляют в таблицах, помещая их сразу под нижней границей таблицы.

2.6. Оформление списка литературы

Список литературных источников, использованных при написании работы, приводится сразу после выводов или заключения. Этот раздел называется «Литература», нельзя называть его «Список литературы», «Список использованной литературы», «Список прочитанной литературы» и т. п.

Сведения о каждом источнике помещаются с абзацного отступа.

Фамилию автора указывают в именительном падеже. Если авторов более трех, то приводят фамилию первого указанного в источнике автора и добавляют слово «и др.».

Если авторов не более трех, то их фамилии и инициалы приводят в той последовательности, в которой они приведены в книге через запятую.

В списке литературы источники приводятся в алфавитном порядке.

Названия книг и статей пишут без сокращений и кавычек.

Место издания пишут с прописной буквы. Сокращают только Санкт-Петербург (СПб.), Ленинград (Л.), Москва (М.), Ростов-на-Дону (Ростов н/Д), Нижний Новгород (Н. Новгород). Названия остальных городов пишут полностью, даже если они многосоставные.

Год издания указывают цифрами.

Наименование издательства не сокращается и указывается в том виде, как оно обозначается в оригинальном источнике.

Сведения, касающиеся периодической литературы, приводят в следующем порядке: авторы, наименование статьи, знак //, наименование журнала (газеты), даты издания (для

журнала – только год, для газет – дату в полном формате), номер выпуска (только для журналов), страницы (если общее число страниц не меньше восьми).

Пример оформления ссылки на статью в журнале:

Иванов И. И. История орнитологических исследований в Санкт-Петербургском государственном университете / И. И. Иванов // Экология. – 2024. – № 4. – С. 510–512.

При описании книг с одним, двумя, тремя авторами, указываем одного автора в начале описания (в заголовке), остальных за косой чертой после заглавия. При наличии четырех авторов, книга описывается под заглавием, все четыре автора указываются за косой чертой. При наличии информации о пяти и более авторах за косой чертой, после заглавия приводят фамилии первых трех и в квадратных скобках [и др.].

Пример оформления ссылки на книгу:

Если авторов меньше трех или три:

Швецова А. М. Экологические аспекты орошения в Узбекистане / А. М. Швецова. – Ташкент: Изд-во УАН, 2026. – 245 с.

Гагарина Э. И. Почвообразующие породы с элементами четвертичной геологии / Э. И. Гагарина, Е. В. Абакумов. – СПб.: СПбГУ, 2012. – 131 с.

Если авторов больше трех:

Почвы и почвенный покров Северо-Запада России. / Э. И. Гагарина [и др.]. – Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1995. – 236 с.

Пример оформления ссылки на книгу под редакцией:

Экологический мониторинг наземных экосистем: учебное пособие / под ред. И. И. Иванова, Д. И. Козлова. – М.: Изд-во МГУ, 2022. – 254 с.

Пример оформления ссылки на учебное пособие:

Гагарина Э. И. Микроморфологический метод исследования почв: учебное пособие / Э. И. Гагарина. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. – 156 с.

Пример описания стандартов:

ГОСТ 2.105–95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 123 с.

Пример описания автореферата диссертации:

Иванов В. В. Динамика растительности Подпорожского района Ленинградской области в XX веке: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В. В. Иванов. – СПб., 2026. – 16 с.

Чаще всего ссылки заключают в квадратные скобки. Прием заключения ссылок в параллельные скобки /.../ считается устаревшим. Приводим примеры различных вариантов ссылок в тексте: «...работами Д. С. Орлова [1974, 1985], Орлова и Л. А. Гришиной [1981] установлено, что...», эта закономерность установлена [Орлов, 1974, 1985; Орлов, Гришина, 1981]. Если в источнике не указан автор или он был создан коллективом авторов, то ссылку обозначают первыми словами: [Посттехногенные экосистемы..., 2026].

Как правило, в письменных работах в ссылках приводят фамилию автора в круглых скобках, в случае статей приводят номер источника арабской цифрой в квадратных скобках, например: «...эти закономерности установлены рядом авторов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] и подтверждены рядом других авторов [21, 21, 23, 24, 25]. Нередко в обзорных главах приходится иметь дело с огромным количеством литературы, на которое просто невозможно сослаться. В этом случае приводят ссылки на главные источники в скобках и пишут: «...и многими другими исследователями».

В случае использования круглых скобок ссылки нужно выстраивать в ряд по возрастанию года издания, например: (Орлов, 1990; Иванов, 2015; Петров, 2025). В случае использования квадратных скобок номера ссылок должны быть даны по порядку [1, 2, 3, 4, 5].

Страницы в списке литературы не входят в общий объем работы, который заканчивается выводами, но номеруются сквозным способом, как и следующие за ним приложения.

2.7. Оформление приложений

Приложение – это продолжение письменной работы, содержащее дополнительный материал, таблицы вспомогательных данных, протоколы экспериментов, описания почвенных разрезов, схемы их профилей, фотографии. Чаще всего приложения выполняют на листах того же формата, что и основной объем работы, т. е. на листах формата А4, но нередко приходится приводить рентгенограммы, распечатки спектров поглощения или отражения, геоботанические карты и т. п. В этих случаях допускается использование форматов А1 (594×841), А2 (420×594), А3 (297×420).

Слово «приложение» пишут прописными буквами, центрируют относительно левой и правой границ. Приложение не может приводиться, если на него нет ссылок в тексте.

Список приложений необходимо привести в разделе «СОДЕРЖАНИЕ». Ошибочным является ссылка на все приложения в содержании одним словом «ПРИЛОЖЕНИЯ».

В случае если объем приложений велик, то их можно привести отдельным экземпляром в переплетенном виде.

Каждое приложение начинают с новой страницы. Для обозначения приложений используют прописные буквы русского алфавита, кроме букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. Реже используют буквы латинского алфавита. В этом случае нельзя использовать буквы I и O.

3. ТРЕБОВАНИЯ К СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛА

3.1. Вычисление статистических характеристик выборки

При выполнении студентами-почвоведками квалификационных работ и магистрантами – диссертаций для статистической обработки данных (ряд каких-либо свойств) наиболее часто используется выборочный метод. Главная цель выборочного метода – по статистическим показателям малой выборки (средней пробе) возможно точнее охарактеризовать всю совокупность объектов (генеральную совокупность).

Средняя арифметическая и стандартное отклонение являются основными статистическими характеристиками, при помощи которых задается эмпирическое распределение частот. Этих двух простых характеристик достаточно, чтобы на основе знания закономерностей теоретических распределений построить эмпирическое распределение и воспроизвести определенную закономерность в этом распределении.

Средняя арифметическая $\bar{x}$ – статистическая характеристика, которая представляет собой отражение наблюдаемых значений признака, группирующихся вокруг центра распределения частот.

Наряду со средней арифметической другой важной статистической характеристикой эмпирических распределений является стандартное отклонение s – мера разброса отдельных наблюдений вокруг среднего значения признака. Квадрат стандартного отклонения s^2 называется дисперсией, или средним квадратом. Стандартное отклонение и дисперсия являются наиболее употребительными и стабильными характеристиками рассеяния варьирующих признаков: чем больше дисперсия или стандартное отклонение, тем более рассеяны около среднего индивидуального значения признака, т. е. больше изменчивость; с уменьшением этих величин изменчивость уменьшается.

Стандартное отклонение служит показателем, который дает представление о наиболее вероятной средней ошибке отдельного, единичного наблюдения, взятого из данной совокупности. В пределах одного значения ($\pm 1s$) укладывается примерно 2/3 всех наблюдений, или, точнее, 68,3% всех вариантов, т. е. основное ядро изучаемого ряда величин. Возможны следующие отклонения от $\bar{x}$, превосходящие $\pm 1s$, но вероятность их по мере удаления отклонений от $\pm 1s$ все время уменьшается. Так, вероятность встретить вариант, отклоняющуюся от $\bar{x}$ на величину больше $\pm 3s$, составляет всего около 0,3%. Поэтому утроенное значение стандартного отклонения принято считать предельной ошибкой отдельного наблюдения. Шестикратное значение среднего квадратического отклонения (от $+3s$ до $-3s$) дает представление о ширине ряда наблюдений, о его рассеянии.

Коэффициент вариации V – стандартное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности. Коэффициент вариации является относительным показателем изменчивости. Использование коэффициента вариации имеет смысл при изучении вариации признака, принимающего только положительные значения. Не имеет смысла, например, коэффициент вариации, вычисленный для характеристики колебания среднегодовой температуры, близкой к 0° , когда варьирующий признак принимает как положительные, так и отрицательные значения. Изменчивость принято считать незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10% средней, если V выше 10%, но менее 20%, и значительной, если коэффициент вариации более 20%.

Ошибка выборочной средней, или ошибка выборки S_x , является мерой отклонения выборочной средней $\bar{x}$ от средней всей (генеральной) совокупности. Ошибки выборки возникают вследствие неполной репрезентативности (представительности) выборочной совокупности и свойственны только выборочному методу исследования. Они связаны с перенесением результатов, полученных при изучении выборки, на всю генеральную совокупность. Величина этих ошибок зависит от степени изменчивости изучаемого признака и от объема выборки. Ошибка выборочной средней прямо пропорциональна выборочному стандартному отклонению s и обратно пропорциональна корню квадратному из числа измерений. Ошибки выборки выражают в тех же единицах измерения, что и варьирующий признак, и приписывают к соответствующим средним со знаками $\pm$. Ошибка средней арифметической тем меньше, чем меньше варьирует экспериментальный материал и чем из большего количества измерений вычислена средняя арифметическая.

Относительная ошибка выборочной средней – ошибка выборки, выраженная в процентах от соответствующей средней. Относительную ошибку средней иногда обозначают буквой P и называют «точностью опыта», «точностью анализа». Следует признать, что это укоренившееся понятие крайне неудачное.

Число степеней свободы ν или числом степеней свободы вариации – количество свободно варьирующих величин. В простейшем случае ν равно $n - 1$.

Таблица 1. Формулы для вычисления статистических характеристик количественной изменчивости малой выборки (несгруппированных данных)

Показатель	Формула
Средняя арифметическая	$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}$
Дисперсия	$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n - 1}$
Стандартное отклонение	$s = \sqrt{S^2}$
Коэффициент вариации	$V = \frac{s}{\bar{x}} 100$
Ошибка выборочной средней	$S_x = \sqrt{\frac{S^2}{n}}$
Относительная ошибка выборочной средней	$S_x \% = \frac{S_x}{\bar{x}} 100$
Доверительный интервал для среднего значения	$\bar{x} \pm t S_x$
Степень свободы (ν)	$n - 1$

Таким образом, главная ценность статистических характеристик – возможность при помощи немногих и простых показателей выразить существенные особенности эмпирических распределений.

3.2. Дисперсионный анализ

Дисперсионный анализ широко используется для статистической обработки данных эксперимента. При дисперсионном анализе одновременно обрабатывают данные нескольких выборок (вариантов), составляющих единый статистический комплекс, оформленный в виде специальной рабочей таблицы. Структура статистического комплекса и его последующий анализ определяются схемой и методикой эксперимента. Сущность дисперсионного анализа – расчленение общей суммы квадратов отклонений и общего числа степеней свободы на части – компоненты, соответствующие структуре эксперимента, и оценка значимости действия и взаимодействия изучаемых факторов по F -критерию.

Если обрабатывают однофакторные статистические комплексы, состоящие из нескольких независимых выборок, например, l -вариантов в вегетационном опыте, то общая изменчивость результативного признака, измеряемая общей суммой квадратов C_y , расчленяется на два компонента: варьирование между выборками (вариантами) C_v и внутри выборок C_z . Следовательно, в общей форме изменчивость признака может быть представлена выражением:

$$C_y = C_v + C_z.$$

В этом случае вариация между выборками (вариантами) представляет ту часть общей дисперсии, которая обусловлена действием изучаемых факторов, а дисперсия внутри выборок характеризует случайное варьирование изучаемого признака, т. е. ошибку эксперимента.

Общее число степеней свободы ($N - 1$) также расчленяется на две части – степени свободы для вариантов ($l - 1$) и для случайного варьирования ($N - l$):

$$N - 1 = (l - 1) + (N - l).$$

Если обрабатывают однофакторные сопряженные статистические комплексы, когда выборки (варианты) связаны каким-то общим контролируемым условием, например наличием n организованных повторений в полевом опыте, общая сумма квадратов разлагается на три части: варьирование повторений C_p вариантов C_v и случайное C_z . В подобных случаях общая изменчивость и общее число степеней свободы могут быть представлены выражениями:

$$C_y = C_p + C_v + C_z;$$

$$N - 1 = (n - 1) + (l - 1) + (N - l).$$

Суммы квадратов отклонений по данным полевого опыта – статистического комплекса с l -вариантами и n -повторениями – находят обычно в такой последовательности. В исходной таблице определяют суммы по повторениям P , вариантам V и общую сумму всех наблюдений ΣX . Затем вычисляют:

- 1) общее число наблюдений $N = ln$;
- 2) корректирующий фактор (поправку) $C = (\Sigma X)^2 : N$;
- 3) общую сумму квадратов $C_y = \Sigma X^2 - C$;
- 4) сумму квадратов для повторений $C_p = \Sigma P^2 : l - C$;
- 5) сумму квадратов для вариантов $C_v = \Sigma V^2 : n - C$;
- 6) сумму квадратов для ошибки (остаток) $C_z = C_y - C_p - C_v$.

Две последние суммы квадратов C_V и C_Z делят на соответствующие им степени свободы, т. е. приводят к сравниваемому виду – одной степени свободы вариации. В результате получают два средних квадрата (дисперсии):

$$\text{вариантов } s_V^2 = \frac{C_V}{l-1} \text{ и ошибки } s^2 = \frac{C_Z}{(n-1)(l-1)}.$$

Эти средние квадраты используют в дисперсионном анализе для оценки значимости действия изучаемых факторов. Оценка проводится посредством сравнения дисперсии вариантов s_V^2 , с дисперсией ошибки s^2 по критерию $F_{\text{факт.}} = \frac{s_V^2}{s^2}$.

Теоретическое значение критерия F для принятого в исследовании уровня значимости находят по таблицам с учетом числа степеней свободы для дисперсии вариантов и случайной дисперсии. В большинстве случаев избирают 5%-й, а при более строгом подходе 1%-й или даже 0,1%-й уровень значимости.

Если $F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$, то между всеми выборочными средними нет существенных различий, и на этом проверка заканчивается.

Если $F_{\text{факт.}} \geq F_{\text{теор.}}$, то между выборочными средними различия существенны. В этом случае дополнительно проводят оценку существенности частных различий по наименьшей существенной разности (НСР) и определяют, между какими средними имеются значимые разности. Критерий F устанавливает только факт наличия существенных различий между средними, но не указывает, между какими средними имеются эти различия.

Оценка значимости разности между средними по наименьшей существенной разности (НСР). Если в опыте l вариантов, то можно определить $l(l-1)/2$ разностей между средними, среди которых могут быть существенные и несущественные разности. Критерий НСР = $t \cdot S_d$ указывает предельную ошибку для разности двух выборочных средних. Если фактическая разность $d \geq \text{НСР}$, то она существенна, значима, а если $d < \text{НСР}$ – несущественна, незначима. Чтобы определить НСР, необходимо по данным дисперсионного анализа вычислить:

$$\text{обобщенную ошибку средней } S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}} \text{ и ошибку разности средних } S_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n}}.$$

Значение критерия Стьюдента t для принятого уровня значимости и числа степеней свободы остаточной дисперсии берут из таблицы. Индексами при НСР и t записываются показатели уровня значимости (5 и 1%-й). Напомним, что 5%-му уровню значимости соответствует 95%-й уровень вероятности, 1%-му – 99%-й.

Разности между средними, которые больше НСР₀₅, считаются существенными с 5%-м уровнем значимости и обозначаются одной звездочкой (*), больше НСР₀₁ – существенными с 1%-м уровнем значимости и обозначаются двумя звездочками (**).

Дисперсионный анализ также дает возможность получить представление о степени, или доле влияния того или иного фактора в общей дисперсии признака, которую принимают за единицу или 100%, а именно:

$$\eta_V^2 = \frac{C_V}{C_Y} - \text{влияние вариантов; } \eta_P^2 = \frac{C_P}{C_Y} - \text{влияние повторений;}$$

$$\eta_z^2 = \frac{C_z}{C_y} - \text{влияние случайных факторов};$$

$$\eta_y^2 = \eta_v^2 + \eta_p^2 + \eta_z^2 = 1,0 \text{ (или 100\%)} - \text{влияние всех факторов.}$$

Отношение сумм квадратов вариантов, повторений и остатка к общему варьированию, обозначенных соответственно η_v^2 , η_p^2 , η_z^2 , показывает долю участия отдельных факторов в общей изменчивости признака.

При этом $\eta_v = \sqrt{\eta_v^2}$ – корреляционное отношение, характеризующее тесноту связи результативного признака с факториальным, а η_v^2 – индекс детерминации, показывающий долю его варьирования под воздействием изучаемых факторов.

Дисперсионный анализ невозможен для простых лабораторных или полевых экспериментов, проведенных без повторностей, необходимо минимум две повторности, однако в этом случае, особенно в полевых опытах, получаются большие ошибки и статистически не доказываются даже значительные эффекты вариантов. Поэтому однофакторные опыты проводят обычно в 4–6-кратной повторности.

3.3. Преобразования экспериментальных дат

Правильное использование методов математической статистической обработки экспериментальных данных предполагает однородность дисперсий по вариантам (выборкам), нормальное или близкое к нему распределение варьирующих величин, значения которых получают независимо друг от друга. Независимость сравнения тех или иных свойств почв, в том числе и физических, достигается случайным отбором проб в выборку. Когда есть основания предполагать неоднородность дисперсий по выборкам, о чем обычно свидетельствуют большие различия в варьировании по вариантам, например при учете влажности почвы, гранулометрического и механического составов, рекомендуется преобразовывать (трансформировать) исходные даты. Трансформация дает возможность уменьшить пределы варьирования, устранить неоднородность дисперсий по выборкам и провести сравнение результатов более точно.

Одним из наиболее подходящих преобразований является трансформация X в «углоарксинус $\sqrt{\text{доля}}$ » – преобразование Фишера, когда наблюдаемые величины выражены в процентах.

Пример использования преобразования экспериментальных дат.

В результате определения полевой влажности в почве были получены следующие значения: 1,5%, 1,8%, 2,3%, 2,7%, 3,2%, 3,5% и 3,9%.

Таблица 3. Преобразование экспериментальных дат

Показатель	Значения	Преобразованные значения ($\arcsin \sqrt{\text{доля}}$)	Обратное преобразование ($[\sin(\text{значение} * \pi / 180)]^2$)
X_1	1,5	7,034934	
X_2	1,8	7,710285	
X_3	2,3	8,722994	

Показатель	Значения	Преобразованные значения ($\arcsin \sqrt{\text{доля}}$)	Обратное преобразование ($[\sin(\text{значение} \cdot \pi / 180)]^2$)
X_4	2,7	9,457546	
X_5	3,2	10,30485	
X_6	3,5	10,78259	
X_7	3,9	11,38988	
$\bar{x}$	2,7	9,343297	2,6
s^2	0,79	2,59629	0,21
V, %	32,9	17,24553	8,8

При обработке экспериментальных данных без преобразования было получено: $\bar{x} = 2,7$, $s^2 = 0,79$ и $V = 32,9\%$, а с преобразованием Фишера – $\bar{x} = 2,6$, $s^2 = 0,21$ и $V = 8,8\%$, соответственно. Данный пример иллюстрирует, каким сильным может быть снижение варьирования признака, которое достигается при использовании трансформации экспериментальных данных.

Корреляция, регрессия.

В исследованиях почвоведов функциональные связи, обнаруживаемые лишь при массовом изучении признаков, которые называются стохастическими (вероятностными) или корреляционными.

При изучении корреляционных взаимосвязей возникают два основных вопроса – о тесноте связи и о форме связи. Для измерения тесноты и формы связи используют специальные статистические методы, называемые корреляцией и регрессией. По форме корреляция может быть линейной и криволинейной, по направлению прямой и обратной. Корреляцию и регрессию называют простой, если исследуется связь между двумя признаками, и множественной, когда изучается зависимость между тремя и более признаками.

Регрессия – изменение результативного признака Y (функции) при определенном изменении одного или нескольких факториальных (аргументов). Связь между функцией и аргументом выражается уравнением регрессии или корреляционным уравнением. При простой регрессии уравнение кратко обозначается $Y = f(X)$ и при множественной $Y = f(X, Z, V \dots)$. Если степень связи между признаками велика, то по уравнению регрессии можно предсказать значение результативного признака для определенных значений факториальных признаков. Для оценки тесноты (силы) связи используют коэффициенты корреляции и корреляционное отношение.

Линейная (прямолинейная) корреляционная зависимость между двумя признаками X и Y – такая зависимость, которая носит линейный характер и выражается уравнением прямой линии $Y = a + bX$. Это уравнение называется уравнением регрессии Y на X , а соответствующая ему прямая линия – выборочной линией регрессии Y на X . Линейная регрессия – такая зависимость, когда при любом значении аргумента X одинаковые приращения его вызывают одинаковые изменения функции Y . Когда при одинаковых приращениях аргумента функция имеет неодинаковые изменения, регрессия называется криволинейной. Линейная регрессия Y на X показывает, как изменяется в среднем величина Y при изменении величины X . Если при увеличении X величина Y в среднем увеличивается, то корреляция и регрессия называется положительной или прямой, а если с увеличением X значение Y в среднем уменьшается – отрицательной или обратной.

Для анализа линейной корреляции между X и Y проводят n независимых парных наблюдений, исходом каждого из которых является пара чисел $(X_1; Y_1), (X_2; Y_1), \dots (X_n; Y_n)$. По этим значениям определяют выборочные эмпирические коэффициенты корреляции и регрессии, рассчитывают уравнение регрессии, строят теоретическую линию регрессии и оценивают значимость полученных результатов.

В качестве числового показателя простой линейной корреляции, указывающего на тесноту (силу) и направление связи X с Y , используют коэффициент корреляции, обозначаемый буквой r . Он является безразмерной величиной, изменяющейся в области $-1 < r < +1$. Коэффициент корреляции рассчитывают по формуле:

$$r = \frac{\Sigma(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(X - \bar{x})^2 \Sigma(Y - \bar{y})^2}}$$

или, минуя вычисления отклонений и квадратов отклонений, по формуле:

$$r = \frac{\Sigma XY - (\Sigma X \Sigma Y) / n}{\sqrt{(\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2 / n)(\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2 / n)}}$$

Чем ближе r к $+1$ или -1 , тем теснее прямолинейная корреляционная связь; она ослабевает с приближением r к 0 . Когда $r = 0$, между X и Y нет линейной связи, но криволинейная зависимость может существовать. Считается, что при $r < 0,3$ корреляционная зависимость между признаками слабая, $0,3 \leq r \leq 0,7$ – средняя, а при $r > 0,7$ – сильная.

Для оценки надежности выборочного коэффициента корреляции вычисляют его ошибку и критерий существенности. Стандартную ошибку коэффициента корреляции определяют по формуле:

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}},$$

где S_r – ошибка коэффициента корреляции; r – коэффициент корреляции; n – численность выборки, т. е. число пар значений, по которым вычислен выборочный коэффициент корреляции. Из формулы следует, что коэффициенты корреляции, близкие к единице, оказываются всегда точнее коэффициентов корреляции, близких к нулю. С увеличением количества объектов исследования S_r также будет всегда уменьшаться, а точность в определении r – возрастать.

Критерий существенности коэффициента корреляции рассчитывают по формуле:

$$t_r = \frac{r}{S_r}.$$

Если $t_{r\text{факт.}} \geq t_{\text{теор.}}$, то корреляционная связь существенна, а когда $t_{r\text{факт.}} < t_{\text{теор.}}$ – несущественна. Теоретическое значение критерия t находят по таблице Стьюдента, принимая 5%-й, а при более строгом подходе – 1%-й уровень значимости. Число степеней свободы (ν) принимают равным $n - 2$.

Коэффициент корреляции указывает на направление и степень сопряженности в изменчивости признаков, но не позволяет судить о том, как количественно меняется результативный признак при изменении факториального на единицу измерения, что важно в по-

знавательных и практических целях. В подобных случаях используется регрессионный анализ, с помощью которого определяется формула корреляционной зависимости, т. е. уравнение прямой линии.

Уравнение линейной регрессии Y по X имеет вид:

$$Y = \bar{y} - b_{yx}(X - \bar{x}),$$

где $\bar{x}$ и $\bar{y}$ – средние арифметические для ряда X и Y ; b_{yx} – коэффициент регрессии Y по X .

Коэффициент регрессии вычисляют по формулам:

$$b_{yx} = \frac{\Sigma(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\Sigma(X - \bar{x})^2} \text{ и } b_{xy} = \frac{\Sigma(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\Sigma(Y - \bar{y})^2}.$$

Коэффициент регрессии b_{yx} показывает, как изменяется Y при изменении X на единицу измерения, и выражается в единицах Y , а b_{xy} указывает регрессию X на Y и выражается в единицах X . При исследовании односторонней зависимости, например корреляции между урожаями Y и количеством выпавших осадков X , вычисляют только один коэффициент регрессии результативного признака Y на факториальный X , т. е. значение b_{xy} , так как регрессия X по Y лишена в подобных случаях логического смысла.

Таким образом, коэффициент линейной регрессии – число, показывающее, в каком направлении и на какую величину изменяется в среднем признак Y (функция) при изменении признака X (аргумента) на единицу измерения. Коэффициенты регрессии имеют знак коэффициента корреляции.

Произведение коэффициентов регрессии равно квадрату коэффициента корреляции:

$$b_{yx} \cdot b_{xy} = r^2.$$

Ошибку коэффициента регрессии вычисляют по формуле:

$$s_{b_{yx}} = s_r \sqrt{\frac{\Sigma(Y - \bar{y})^2}{\Sigma(X - \bar{x})^2}} \text{ и } s_{b_{xy}} = s_r \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{x})^2}{\Sigma(Y - \bar{y})^2}}.$$

Критерий существенности коэффициента регрессии определяют по формуле:

$$t_r = \frac{b}{s_b}.$$

Если определен критерий существенности для коэффициента корреляции, он может быть использован и для оценки значимости коэффициента регрессии, так как $t_b = t_r$. Существенность коэффициента регрессии оценивают по таблице; число степеней свободы (ν) принимают равным $n - 2$.

Корреляция также может быть изображена графически в виде линии регрессии. Для построения графика по оси абсцисс откладывают значения признака X , по оси ординат – значения признака Y и каждое наблюдение над двумя переменными отмечают точкой с координатами (X, Y) . Такой график называется «точечной диаграммой» или «корреляционным полем». По точечному графику легко установить такие связи, которые заслуживают того, чтобы наблюдения были продолжены, или, наоборот, он может указать на нецелесообразность накопления материала подобного рода.

Необходимо подчеркнуть, что математические уравнения для парной и множественной регрессии имеют смысл только в области фактических значений X , Y и Z только тогда,

когда корреляционная связь значимо отличается от нуля. Если связь между изучаемыми явлениями существенно отклоняется от линейной, что легко установить по виду корреляционной решетки или, еще лучше, по точечному графику, то коэффициент корреляции непригоден в качестве меры связи. Поэтому необходим новый показатель, который правильно измерял бы степень криволинейной зависимости. Таким показателем является корреляционное отношение, обозначаемое греческой буквой η (эта). Оно измеряет степень корреляции при любой ее форме. Корреляционное отношение при малом числе наблюдений вычисляют по формуле:

$$\eta_{yx} = \sqrt{\frac{\Sigma(Y - \bar{y})^2 - \Sigma(Y - \bar{y}_x)^2}{\Sigma(Y - \bar{y})^2}},$$

где $\Sigma(Y - \bar{y})^2$ – сумма квадратов отклонений индивидуальных значений Y от общей средней арифметической $\bar{y}$; $\Sigma(Y - \bar{y}_x)^2$ – сумма квадратов отклонений вариантов от частных средних $\bar{y}_x$, соответствующих определенным фиксированным значениям независимой переменной X .

Для вычисления корреляционного отношения значения независимого признака X располагают по ранжиру в возрастающем порядке и разбивают весь ряд наблюдений на 4–7 групп с таким расчетом, чтобы в каждой группе по ряду X было не менее двух наблюдений. Затем определяют общую среднюю $\bar{y}$, групповые средние $\bar{y}_x$, соответствующие каждой фиксированной группе X , и суммы квадратов отклонений для общего $\Sigma(Y - \bar{y})^2$ и группового $\Sigma(Y - \bar{y}_x)^2$ варьирования признака Y .

Корреляционное отношение изменяется в следующем интервале: $0 < \eta_{yx} < 1$. Ошибку и критерий существенности корреляционного отношения рассчитывают по формулам:

$$S_\eta = \sqrt{\frac{1 - \eta^2}{n - 2}}; t_\eta = \frac{\eta}{S_\eta}.$$

Теоретическое значение критерия t для 5%-го или 1%-го уровня значимости находят по таблице при $v = n - 2$.

Для определения степени приближения криволинейной зависимости к прямолинейной используется критерий F , вычисляемый по формуле:

$$F = \frac{(\eta^2 - r^2)(n - k_x)}{(1 - \eta^2)(k_x - 2)},$$

где r^2 – квадрат корреляционного отношения Y по X ; η^2 – квадрат коэффициента линейной корреляции; n – объем выборки; k_x – число групп по ряду X .

Связь можно практически принять за линейную, если $F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$, и определять показатели для прямолинейной корреляции и регрессии. Корреляция нелинейна, если $F_{\text{факт.}} \geq F_{\text{теор.}}$. Теоретические значения F берут из таблицы для $v_1 = k_x - 2$ и $v_2 = n - 2$ степеней свободы.

Таким образом, криволинейная регрессия – такая зависимость, когда при одинаковых приращениях независимой переменной X зависимая переменная Y имеет неодинаковые приращения. Эмпирические точки корреляционного поля при криволинейной корреляции

располагаются около кривых различного типа – парабол, гипербол, логарифмических кривых и т. п. В общем случае все линии регрессии являются кривыми и рассматриваемая нами ранее линейная регрессия является простейшей зависимостью между двумя признаками (или с каким-нибудь третьим признаком), когда незначительные по степени криволинейности связи практически можно принять за линейные. Основной метод построения математических уравнений: подбор типа формулы и нахождение коэффициента к ней.

Минимальные необходимые требования к статистической обработке данных можно сформулировать следующим образом:

При предоставлении данных по какой-либо выборке (ряда исследований) необходимо приводить помимо средней арифметической ($\bar{x}$), ошибку арифметической средней (S_x), коэффициент варьирования (V) и относительную ошибку выборочной средней (S_x , %).

При сравнении данных по вариантам (например, профильное изменение каких-либо свойств) необходимо приводить критерий Фишера теоретический и фактический (F_{05} и $F_{\text{факт}}$), в случае если $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$, то приводится также НСР₀₅

В случае когда приводятся результаты корреляционного анализа помимо коэффициента корреляции (r) или корреляционного отношения (η_{yx}), необходимо приводить ошибку этих коэффициентов, а также критерий Стьюдента фактический и теоретический ($t_{\text{факт}}$ и t_{05}) – для оценки существенности коэффициентов корреляции и корреляционных отношений.

4. ПОРЯДОК ПРОХОЖДЕНИЯ И РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ ПИСЬМЕННЫХ РАБОТ

Решением кафедры установлен следующий порядок прохождения и рецензирования письменных работ:

1. Отчеты по летней практике, курсовые работы, бакалаврские и магистерские ВКР заслушиваются на заседании кафедры в обязательном порядке. Контроль за успеваемостью студентов по рефератам проводится одним преподавателем.

2. Темы выпускных квалификационных работ бакалавров и магистров, а также кандидатских диссертаций должны быть утверждены на заседании кафедры (после того как студент или аспирант согласует их с руководителем и составит календарный план работ). Тема бакалаврской работы утверждается не позднее октября 7-го семестра (4-й курс), тема магистерской диссертации – не позднее октября 3-го семестра (2-й курс), тема кандидатской диссертации – не позднее двух месяцев после поступления в аспирантуру. Студенты и аспиранты не допускаются к утверждению темы без печатного варианта примерного календарного плана работ на ближайшие полгода.

3. Отчеты о выполнении ВКР и кандидатских диссертаций заслушиваются на заседаниях кафедры в обязательном порядке: для бакалавров – не позднее чем за два месяца до защиты, для магистрантов – ежегодно или ежесеместрово по решению кафедры. Для аспирантских работ принято два варианта форм отчетности: ежегодный информационный отчет и ежегодный научный доклад в рамках научного семинара аспирантов.

4. Не позднее чем за неделю до защиты ВКР бакалавра или магистра он должен предоставить печатный вариант работы, подготовить базовые иллюстрации и пройти предзащиту на заседании кафедры. Регламент предзащит аспирантских работ устанавливается в каждом случае отдельно.

5. Не позднее чем за две недели до защиты ВКР их переплетенные экземпляры должны быть предоставлены рецензентам. Рецензентом бакалаврской работы может быть сотрудник кафедры (отдела), для магистерской диссертации желательно пригласить рецензента из сторонней организации.

6. Переплетенный экземпляр магистерской диссертации с подписью научного руководителя, аннотации на русском языке – 10 экземпляров. (1 стр.), аннотация на английском языке (0,5 стр.) – 10 экземпляров, рецензия поступают к заведующему кафедрой для просмотра и на утверждение допуска к защите не позднее чем за пять дней до защиты.

7. Сразу после защиты один экземпляр работы сдается секретарю кафедры, где хранится необходимое по положению время. Электронный вариант работы записывается на компакт-диск и также сдается секретарю кафедры.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ИЛЛЮСТРАЦИЯМ НА ЗАЩИТЕ

Доклад на защите должен сопровождаться вспомогательным иллюстративным материалом. Как правило, основные, базовые защищаемые данные оформляют в виде графиков, таблиц, рисунков, картосхем, которые помещаются на слайды в презентации PowerPoint. Содержание иллюстраций должно быть тщательно продумано. Нужно приводить данные, наиболее четко отражающие суть работы, основных защищаемых положений, характеристики объектов исследования. Размер букв и цифр в таблицах должен быть не менее 2,5 см в высоту. Особенно внимательно за выполнением этого требования необходимо следить при компьютерном наборе и дальнейшей распечатке данных на широкоформатных принтерах. Не рекомендуется оформлять все таблицы, графики и рисунки в одном цвете. Не рекомендуется представлять на защиту более 20 слайдов в составе одной презентации, так как это не соответствует стандартному времени доклада.

6. ТРЕБОВАНИЯ К ДОКЛАДАМ НА ЗАЩИТЕ

На защите письменных работ перед обучающимся ставится задача не только конкретно изложить содержание работы, но и проявить эрудированность по общим и специальным вопросам почвоведения. Защита любой работы всегда содержит элементы научной дискуссии.

На доклад отводится:

- 10 минут в случае отчета по практике;
- 15 минут для бакалаврской и магистерской работ;
- 20 минут для кандидатской диссертации.

В докладе должны быть отражены цель и задачи работы, кратко изложено состояние рассматриваемого вопроса в литературе, методы исследования. Большая часть доклада отводится обсуждению полученных результатов и обоснованию выводов. После доклада присутствующие задают вопросы по изложенному материалу. Ответ на вопросы должен быть кратким и ясным.

В ходе защиты обучающийся должен строго соблюдать регламент заседания. Вопросы могут быть заданы только после разрешения председательствующего.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Титульный лист отчета по летней практике

Санкт-Петербургский государственный университет
Биологический факультет
Кафедра прикладной экологии

ОТЧЕТ ПО ПОЛЕВОЙ ЛЕТНЕЙ ПРАКТИКЕ

Студентов 1-го курса
магистратуры

Преподаватель:
Доцент Д. А. Дубовиков

Состав 1-й бригады:
В. И. Поляков
И. И. Иванов

Санкт-Петербург

-2026-

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Титульный лист бакалаврской или магистерской работы

Санкт-Петербургский государственный университет
Биологический факультет
Кафедра прикладной экологии

К защите допускаю
« _____ »
Зав. каф. Прикладной экологии
профессор
дата

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРА

БИОТОПЫ НИЖНЕ-СВИРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА: РАЗНООБРАЗИЕ, ГЕНЕЗИС, ОХРАНА

Научный руководитель
доктор биологических наук,
профессор И. И. Иванов

студент 4-го курса
П. П. Петров

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Титульный лист научного отчета

Санкт-Петербургский государственный университет

198504, Санкт-Петербург, Старый Петергоф,
Ораниенбаумское шоссе, д. 2

УДК 631.4: 557.64:502:550.4

ВГК ОКП .

№ гос. рег. .

Инв. № .

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ВОВЛЕЧЕНИЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Руководитель НИР
Доктор биологических наук,
Профессор кафедры прикладной экологии

П. П. Петров