

Калачихина Ольга Даниловна, кандидат биологических наук,
директор лицея № 1553 «Лицея на Донской»,
руководитель секции естественнонаучного направления Всероссийского конкурса
юношеских исследовательских работ им. В.И. Вернадского

РАСПРОСТРАНЁННЫЕ ОШИБКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УЧАЩИМИСЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

Являясь членом коллегии рецензентов, я ежегодно знакоюсь с несколькими десятками ученических работ по физиологии растений и животных, биохимии, генетике, медицине и экологии. Несмотря на разнообразие тем и направлений исследования, на огромное количество используемых методов и объектов, можно выявить ряд наиболее часто встречающихся методических ошибок, появляющихся из года в год в работах, присланных из разных регионов России.

Мы не будем касаться различия в исследовательских и реферативных или проектных работах, не будем обсуждать, чем публицистика отличается от научного труда. Это отдельная тема, выходящая далеко за рамки этой статьи. Остановимся на обсуждении наиболее типичных ошибок, допускаемых в естественнонаучных исследовательских работах учащихся.

Большинство ошибок удаётся отнести к одной из приведённых ниже категорий:

1. Неправильная формулировка темы или названия работы.
2. Отсутствие контрольной группы или неправильный её подбор.
3. Отсутствие статистической обработки полученных результатов.
4. Неверная интерпретация полученных результатов.
5. Несоответствие выводов и результатов исследования.

Обсудим эти ошибки.

Любая исследовательская работа начинается с **выбора темы исследования**. Выбор темы школьной исследовательской работы — важный и очень ответственный момент. Руководитель, предлагающий тему исследования ребёнку, или автор, самостоятельно решивший избрать некоторую тему, должны хорошо представлять: каково же направление будущего научного поиска, какую проблему необходимо решить. Вряд ли темы: «Кровь человека» или «Нитраты и жизнь» позволят юному исследователю грамотно организовать выполнение работы. Скорее всего, подобная работа окажется реферативной или перегруженной большим количеством литературного материала, не имеющего непосредственного отношения к цели исследования. Хорошо, если уже при первоначальной формулировке темы, она начинается со слов: *анализ, сравнение, изучение, влияние, определение, выявление* и т. п. Тема работы созвучна с *целью* работы и её *задачами*, определяемыми до начала выполнения работ. Тема работы подкрепляется рабочей *гипотезой*. Несомненно, что в процессе выполнения работы и гипотеза, и набор необходимых для решения задач могут изменяться. Однако в каждый конкретный момент автор работы должен точно представлять, что и с какой целью он делает.

Очень часто, после окончания работы, во время её подготовки к презентации, автор приходит к выводу о необходимости выбора яркого и красочного названия, привлекающего к работе внимание читателя. При этом не учитывается одно из существенных различий художественной и научной работы. Если в художественной и публицистической литературе название действительно играет роль некоторого рекламного слогана, то в научной литературе оно должно чётко отражать суть проделанной работы, характеризовать направление проведённого исследования. Не годятся для научной работы названия: «Плоскостопие и цивилизация» или «Как поживаете, господин позвоночник?». А работа, в которой изучалось количество патологий у новорожденных в одном из северных городов России и связь этого параметра с концентрацией угарного газа, не может называться: «Влияние параметров атмосферы на рождаемость в районах Крайнего Севера». Работу с таким названием может в течение ряда

лет выполнить специальная научная лаборатория, а не ребёнок 8-го класса, имеющий две статистические таблицы. Несоответствие названия и темы исследования оставляет у читателя ощущение, что автор плохо понимает, что же он всё-таки сделал.

Постановка биологического эксперимента — вещь сама по себе достаточно сложная, требующая глубокого понимания особенностей биологических объектов, представления о статистической достоверности результатов и ошибке метода. Вообще при постановке любого эксперимента обычно сравниваются процессы, происходящие с опытным и контрольным объектом. Опытный объект отличается наличием какой-либо особой характеристики, влияние которой на данный объект и интересует исследователя. Оценить наличие эффекта можно *только* при различии результатов, полученных для опытного и контрольного образца. Таким образом, постановка контроля в любом эксперименте является строго обязательной. При этом очень важно, чтобы контрольный и экспериментальный объект отличались только по одному параметру — тому, по которому ведётся анализ. Особенность биологического эксперимента состоит в том, что не существует в природе двух совершенно идентичных объектов. Даже при работе с чистыми линиями растений или животных всегда есть некие индивидуальные особенности организмов, могущие сыграть решающую роль при получении результатов эксперимента.

Например, в работе рассматривается влияние современной музыки на поведение крыс. Используются две крысы: контрольная и опытная. Опытная крыса ежедневно в течение нескольких часов слушает музыку, контрольная от этого испытания избавлена. Через некоторое время отмечено более агрессивное поведение первой крысы по сравнению со второй. Можно ли с уверенностью утверждать, что именно музыка вызвала изменение в поведении крысы? Конечно же, нет. Может быть, одна из крыс изначально обладала «скверным характером» или, быть может, у одной из них есть какое-либо вяло текущее хроническое заболевание, вызывающее агрессию у первой или торможение нервной системы у второй крысы? Возможно, существуют ещё какие-то причины, о которых мы ничего не знаем, и совпадение полученных результатов с рабочей гипотезой только дело случая.

Чтобы избежать подобной неопределённости в биологических экспериментах, обычно используют **опытную и контрольную группы**. Величина опытной и контрольной группы тем больше, чем больше разброс данных, получаемый при проведении эксперимента. Строго определить количество особей в группе, достаточное для получения достоверных данных в рамках проводимого эксперимента позволяют методы математической статистики. В условиях бурного развития информационных технологий расчёт статистических параметров мало кто осуществляет вручную. Использование любой из компьютерных программ статистической обработки результатов требует минимального времени для ответа на вопрос о достоверности полученных результатов, значительно повышая при этом качество выполненной работы. Однако при работе с младшими школьниками и при хорошем совпадении результатов можно не прибегать к вычислению статистических коэффициентов, а провести выбор количества особей в группе, руководствуясь другими соображениями. Тем не менее, использование групп особей является обязательным.

Вторым важным условием для получения достоверных результатов является **наличие нескольких повторов при проведении эксперимента**. Только в этом варианте экспериментатор может с уверенностью утверждать, что полученные величины являются не случайными, не отражают ошибку экспериментатора при приготовлении того или иного реактива, не являются следствием нарушений в работе приборов и т. п. Допустим, две группы растений выращиваются в различных условиях. Допустим во время проведения эксперимента в комнате, где находилась группа опытных растений, забыли закрыть форточку и растения замёрзли. Юный исследователь может ничего не знать об этом недоразумении и примет гибель растений за результат проведённого эксперимента. Только повторение работы может пока-

зять экспериментатору его ошибку. Таким образом, использование нескольких объектов и повтор эксперимента — необходимые условия получения достоверных результатов. Обычно после проведения эксперимента вычисляется среднее значение исследуемого параметра для опытных и контрольных объектов и среднее квадратичное отклонение (разброс) полученных в опыте значений. Оба эти параметра обязательно указываются в работе и позволяют читателю убедиться в достоверности приведённых результатов.

Постановка грамотного контроля в эксперименте — дело крайне непростое. Основное требование — *отличие контрольной и опытной группы по возможно меньшему числу параметров*. Идеально, если опытные и контрольные объекты отличаются только по одному параметру, тому, который изучается в данном эксперименте. Поэтому в контрольную и опытную группу должны входить особи, имеющие одинаковый пол, возраст, принадлежащие к одной социальной группе (если речь идёт о людях), относящиеся к одному сорту или одной породе и содержащиеся в одинаковых условиях (если речь идёт о растениях или животных). Неправильная постановка контроля зачастую становится причиной ошибочной интерпретации результатов.

Так, несколько лет назад на Конкурс им. В. И. Вернадского сразу из нескольких регионов поступили работы, посвящённые исследованию влияния солей тяжёлых металлов на рост растений. Отличаясь объектом исследования, работы были выполнены по одной и той же методике. Контрольную группу растений поливали обычной водопроводной водой, а опытную — водой с большим количеством сульфата кадмия (концентрация соли достигала 1,5—2 М). Замедление роста растений и гибель листьев, по мнению авторов, являлись следствием вредного влияния кадмия на организмы. Ошибочность подобной интерпретации очевидна. Во-первых, растворы для полива в контрольной и опытной группах отличались ионной силой (концентрацией солей), что само по себе могло явиться причиной нарушения физиологических процессов проростков. Во-вторых, полученный результат мог являться следствием воздействия сульфат-ионов, которые также вводили в раствор для полива. В данном случае только постановка дополнительных контролей может обеспечить получение достоверного результата.

Обсуждение полученных результатов, их объяснение для формирования мировоззрения юного исследователя часто являются даже более значимыми, чем постановка эксперимента. Поэтому очень важно организовать именно **анализ полученных результатов**, а не подгонять ответ под лозунги, провозглашённые СМИ.

Во многих юношеских работах встречается мнение о вреде школьных занятий для здоровья детей. За время школьной жизни ухудшается зрение, искривляется позвоночник, ослабевает иммунная система. И ни разу не встретила работа, где автор пытался бы объяснить все эти процессы возрастными изменениями, неправильным образом жизни и т. д. Почему-то никому не приходит в голову утверждать, что дальнозоркость у пенсионеров развивается оттого, что они часто смотрят телевизор (а ведь это в большинстве случаев так!). Все знают, что дальнозоркость развивается с возрастом.

Нельзя, изучив статистику заболеваний жителей Норильска ОРВИ, утверждать, что витамины здесь усваиваются хуже, чем в других регионах. Возможно, такое явление и имеет место. Однако данные работы не позволяют об этом судить.

И ещё один пример неверной интерпретации результатов работы. Узнав из литературы о противоопухолевом воздействии ряда растительных масел на кожу человека, авторы решили создать лечебный крем. Подбирали основу, которая дала бы нужную консистенцию, определяли необходимое количество ароматических веществ, придающих крему приятный запах, научились выделять соответствующие масла из растений. В выводе говорится, что создан крем, который можно использовать как лекарство при раке кожи. Но ведь в работе не было проведено никаких клинических испытаний. Используемые масла в процессе обработки могли потерять свои ценные фармакологические качества, могли вступить в реакцию с другими использованными субстанциями и т. п. Поэтому в качестве результатов работы

можно представлять вкусно пахнущий, приятный по консистенции крем, но нельзя утверждать, что он обладает каким-либо лечебным действием.

Отсутствие контроля при проведении исследований искажает интерпретацию полученных результатов, заставляет исследователя подгонять результаты под заранее спланированный ответ, не даёт ему возможности выстроить цепь логических рассуждений. Так, в одной из работ была поставлена задача изучить влияние регулярного приёма фиточая на организм человека в условиях экспедиции. Все участники экспедиции ежедневно принимали фиточай и на девятый день чувствовали себя существенно лучше, чем на второй или третий. Делается вывод о положительном воздействии фиточая на организм. Контрольная группа — участники экспедиции, не принимавшие травяной настой, — в эксперименте отсутствовала. Поэтому мы не можем считать приведённый выше вывод достоверным. Быть может, улучшение самочувствия — результат адаптации организма к полевым условиям. Влиял ли каким-либо образом на эти процессы приём фиточая — не известно.

Любая научная работа заканчивается главой «Выводы». **Выводы** - *корректно сформулированные положения, следующие из результатов проделанной работы*. Выводы отвечают на вопрос, поставленный в цели работы. *Выводы являются результатом анализа полученных автором данных*. Не следует помещать в раздел «Выводы» результаты, полученные другими авторами, призывы и лозунги. Не следует искажать собственные результаты, для того чтобы придать работе значимость или практический выход. Полученные в работе результаты важны и интересны сами по себе. Они — плод размышлений и труда юного исследователя. Не надо стесняться, если работа не велика по объёму.

Приведу несколько примеров вольного обращения с выводами. В одной из работ изучалось влияние курения на активность амилазы слюны (фермента, расщепляющего крахмал). Вывод, сделанный автором в работе: необходимо провести цикл лекций о вреде курения в начальной школе. Поскольку в работе не рассматривалось положительное или отрицательное влияние таких лекций, очевидно, что вывод отношения к проделанной работе не имеет. Другой пример. Изучалось количество нитратов в овощах, продаваемых на рынке. Показано, что нитраты присутствуют, но в пределах допустимой концентрации. В выводе говорилось, что покупать овощи на рынке опасно, т. к. они содержат нитраты. Абсурдность вывода очевидна, т. к. ПДК как раз является той величиной, которая позволяет судить, опасна ли концентрация данного вещества для здоровья людей. А в нашем случае ПДК по нитратам не превышалась.

Иногда желание сделать выводы социально значимыми приводит к полному искажению всего смысла работы. Например, сравнивалось развитие проростков пшеницы в двух группах. В первой растения поливались обычной водой, во второй — раствором шампуня «Яблоко». Растения второй группы много болели и часто гибли. Делается вывод о том, что шампунь «Яблоко» вредно применять для мытья волос. Каким образом связаны волосы человека с молодыми ростками пшеницы — не понятно.

Выводы являются заключительным аккордом всего исследования. Это та истина, ради поиска которой и задумывалась вся работа. Поэтому к формулировке выводов надо подходить очень внимательно и осмысленно.

Любая исследовательская работа проходит путь от изучения имеющейся по данному вопросу литературы и постановки цели до подбора адекватных методов исследования и анализа полученных результатов. *На каждом этапе выполнения работы очень важны обоснованность и логичность суждений*. Необходимо всестороннее рассмотрение проблемы (многопараметрический анализ) и умение абстрагироваться от стандартных взглядов и представлений. Другими словами, для проведения исследования нужно удивиться и увидеть проблему, порассуждать и понять суть явления и найти смелость отстаивать свою точку зрения. Удовлетворение, получаемое от сознания того, что ты самостоятельно совершил пусть маленькое, но открытие, — огромный стимул для продолжения движения личности по пути познания. Хочется пожелать юным исследователям и их руководителям многих ярких минут осознания собственной победы. Победы над косностью мышления, победы над собственным незнанием и неумением, победы над скукой и безразличием.