



Республиканский детский эколого-биологический центр

МИХАИЛ КРИВОШЕЕВ

МАРИЯ ПАНЧИХИНА

**НЕФОРМАЛЬНОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
РАБОТ В ОБЛАСТИ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ**

Уфа - 2017

Методическое пособие по выполнению учебно-исследовательских работ в области биологии и экологии

Сведения об авторах:

Михаил Михайлович Кривошеев - кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и ботаники Башкирского государственного университета, методист отдела экологии леса Республиканского детского эколого-биологического центра.

Мария Сергеевна Панчихина - магистр биологии Башкирского государственного университета, методист отдела экологии животных Республиканского детского эколого-биологического центра.

В пособии популярным языком изложены сведения о выполнении и оформлении учебно-исследовательских работ по биологии и экологии. Рассмотрены вопросы постановки исследований, способы сбора и статистической обработки материала, а так же структуры самой работы.

Пособие предназначено для школьников, студентов, учителей и педагогов, увлекающихся научной деятельностью.

На обложке представлено изображение муравьиного льва трёхштрихового.
Автор фотографии М. М. Кривошеев

Республиканский детский эколого-биологический центр

Өфө – 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
С ЧЕГО НАЧИНАЮТСЯ ИССЛЕДОВАНИЯ?	6
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО ЭКОЛОГИИ И БИОЛОГИИ	9
Изучение морфологических особенностей видов	11
Обработка полученных данных	13
Анализ «страшных» цифр	19
ОФОРМЛЕНИЕ НАУЧНОЙ РАБОТЫ	21
Поиск информации	27
Как меньше писать и всем понравиться?	28
ПОЛЕЗНАЯ ЛИТЕРАТУРА	30

ВВЕДЕНИЕ

Есть в этом мире невероятно важные для людей вещи: семья, работа, здоровье, деньги. Есть менее важные штуки, но тоже вроде бы необходимые – искусство, развлечения, мороженое... А еще в мире есть наука – способ познания этого мира. И самое интересное, что все перечисленные выше вещи, включая и деньги и музыку и мороженное – все это возникло благодаря научному познанию.

С первых месяцев жизни ребенок начинает проводить научные эксперименты. «Это приятная штука, я буду ее носить с собой всегда» - думает малыш, ощупывая плюшевого мишку. «Это больно, я ни когда не прикоснусь к этому!» – понимает он, впервые столкнувшись с огнём. Исследовательская деятельность присуща не только людям. Понаблюдайте, с каким интересом кошка изучает новые предметы, принесённые в дом. Только исследование мира позволяет нам подстраиваться под его суровые и изменчивые условия. Всё эти исследовательские инстинкты (если можно их так назвать), закреплены в нас эволюционно. Организм выделяет эндорфины, когда мы узнаём что-то новое, мозг получает удовольствие. Именно благодаря исследованиям мы изобрели все самые важные штуки на планете – от мороженого до ядерной энергетики. Вот и подумайте, а что самое важное в мире?

Большинство людей, пройдя этапы взросления, перестают удивляться. Они накопили достаточно опыта для выживания и счастливой жизни. Они знают, что такое горячее и что такое холодное. Все эти знания переходят в разряд шаблонов, по которым большинство людей и живут. Но в каждом из нас есть еще невероятная тяга узнавать, удивляться, распутывать головоломки. А часть из нас посвящает всю жизнь головоломкам. Таких

людей называют учёными, хотя правильнее было бы называть их исследователями.

Путём проб и ошибок идёт человек, и на пути его чаще всего встречаются именно ошибки, потому что правильное решение обычно одно, а неправильных тысячи. Научная методология создана для того, чтобы сократить число неправильных решений хотя бы до сотни, а то и до десятка. В науке нет ни чего сложного, особенно, если научиться пользоваться этой научной методологией. Понять, как устроен мир, как устроены мы, как нам жить в мире.

Это небольшое пособие предназначено для юных (не только по годам, но и юных душой) исследователей. Здесь мы постарались кратко рассказать о научном способе познания в одних из важнейших научных дисциплин – биологии и экологии.

С ЧЕГО НАЧИНАЮТСЯ ИССЛЕДОВАНИЯ?

Первый шаг – это идея. Идеи в голове могут возникать по-разному. Мне вот проще всего находить идеи, проводя наблюдения в природе. Просто удобно усадьтесь на лесной поляне, на горном склоне и наблюдайте. Или идите по тропинке и смотрите вокруг внимательно. Через какое-то время вы увидите закономерности – здесь растет только один вид растений, а вот тут разные виды живут совместно. Почему? Вот красивый самец бабочки кружится вокруг блеклой и бледной самки? Почему самец ярче? Как он вообще нашёл ~~любовь~~ самку в этом огромном мире?

Проводя наблюдения, мы вдруг начинаем выявлять закономерности в природе, и уже от этого получаем удовольствие. Мы прикоснулись к какой-то тайне. Выявив эти закономерности, мы сразу ставим вопросы – почему, как, зачем? И тут наступает следующий этап научного познания – мы ищем возможные ответы, выдвигаем гипотезы.

Бывает так, что явлений наблюдаемых нами слишком много – мозг не может понять, вывить в этом хаосе трав, бабочек, звуков общие тенденции. Тогда мы начинаем классифицировать, раскладывать все по полочкам, разбирать на запчасти, систематизировать. Так появилась в биологии систематика. Только разобрав всех животных и растения на систематические группы, мы вывели закономерности и уже тогда начали задавать вопросы.

Гипотеза это не натянутый за уши вариант ответа на вопрос, не придуманная после завершения работы ~~финя~~, это научно обоснованное и наиболее вероятное при имеющихся знаниях предположение.

Например, у нас в процессе наблюдения за бабочками мы задаём вопрос «Как самец находит самку?». Из этого вопроса у нас возникает и собственно цель исследования, которая может звучать примерно так: «Определить особенности половой коммуникации черного махаона (*Parnassius mnemosyne*)». Если мы вот совершенно ни чего не знаем об этом,

у нас возникает много гипотез. Например, что самец просто видит самку и летит к ней. Или наоборот – самец более яркий, а значит более заметный, и возможно самка летит к нему первая. Если мы ничего об этом не знаем, то мы можем предположить даже, что самцы этой бабочки поют какую-то брачную песню, привлекающую самок. Или они чувствуют друг друга, как многие млекопитающие (и это, кстати, верный ответ – самцы улавливают феромоны самок). Из всего этого разнообразия гипотез мы должны выбрать наиболее вероятную. Как это сделать? Раньше бы учёные провели эксперименты. Что-то типа, как в том анекдоте – «...без ног тараканы не слышат». Но на данный момент развития человеческой цивилизации, прежде чем проводить эксперименты, мы должны прочитать то, что уже известно о половой коммуникации у чешуекрылых. Если мы думаем, что бабочки находят друг друга визуально, то мы должны найти информацию об их зрении. То же самое и про слух. Если нет такой информации (ну сейчас она конечно уже есть), то мы сами должны провести дополнительные исследования этого вопроса. Итак, отбросив все маловероятные гипотезы, мы выдвигаем наше супер-предположение: «Самцы находят самок путём телекинеза». Шутка конечно. Однако часто некоторые «учёные» выдвигают именно такие гипотезы ко всему, что не могут объяснить. Если они не нашли реальных доказательств, то проще всего выдвинуть наименее реальные гипотезы – уж их точно ни кто не проверит. В науке такое «не катит». Основная проблема тут – возможность проверить вашу гипотезу, возможность повторить ваш эксперимент и получить те же данные (или опровергнуть, что тоже бывает).

Но не будем догматиками – вдруг телекинез и правда существует? А как доказать это? Какими инструментами выявить эти невидимые мозговые волны, с помощью которых общаются бабочки? Дело в том, что у нас нет таких инструментов, нет такого оборудования и, прежде чем выдвигать гипотезы о телекинезе, вам придётся это оборудование создать и доказать его работоспособность. Но прежде чем заниматься этой ерундой, вы должны

проверить другие гипотезы и четко обосновать, что иных ответов, кроме телекиеза нет.

Часто некие закономерности в природе уже выявлены другими учёными. Вы легко можете использовать их данные и выдвинуть свои вопросы, придумать свои гипотезы. Так Чарльз Дарвин, во многом используя уже имеющиеся знания о биологии, развил своё эволюционное учение. Однако, он же, в процесс подтверждения своей теории, открыл, быть может, больше закономерностей, чем все биологи предыдущих эпох. Так что читайте и наблюдайте.

Еще раз напишем схему начала вашего исследовательского пути: наблюдения → постановка вопросов → выдвижение гипотез (возможных ответов) → выбор наиболее вероятной гипотезы → обозначение цели → подтверждение гипотезы. Всё просто, как огурец.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО ЭКОЛОГИИ И БИОЛОГИИ

Большинство учебно-исследовательских работ, так или иначе, имеют дело с качественными и количественными показателями.

Зачастую, сделанные выводы оказываются в корне ошибочными по двум причинам: отсутствие или неправильный выбор метода статистической обработки результатов и, конечно же, изначально неправильное формирование выборок. Так как не всегда имеется возможность работать с *генеральной совокупностью* (т.е. совокупностью всех вариантов, которые в принципе можно получить для постановки эксперимента) в виду ее многочисленности, исследователь формирует *выборки* – ограниченные ряды вариантов. Выборка имеет две характеристики:

качественная – что именно выбирается;

количественная – объем выборки.

Важно сделать выборку такой, чтобы она, во-первых, отражала все свойства генеральной совокупности и, во-вторых, имела достаточный объем. Например: Петя, ученик 7 класса решает изучить соотношение типов темперамента («холерик», «флегматик», «сангвиник» и «меланхолик») у школьников. Для постановки эксперимента он делает выборку – 10 одноклассников – и экстраполирует полученные данные (Х – 2, Ф – 7, С – 1, М – 0) на всех школьников планеты, а значит не учитывает многих факторов, таких как возраст, национальность, пол и др. Конечно же, выборка оказывается недостаточного объема.

Итак, как сделать выборку правильной, или репрезентативной?

- случайность и непредвзятость

- методичность

Говоря проще, исследователь должен подходить к выборке непредвзято, но при этом он обязан следовать выбранной методике исследования. Вот, например: Катя решила исследовать размер плодов вишни. Так как она боится червивых и гнилых плодов, она выбирает только красивые и крупные костянки, т.е. уже делает выбор объектов неслучайным. Итак, выборка, в конечном счете, представляет собой 100 штук плодов с трех соседних кустов из 40 имеющихся. Правильнее было бы отбирать по 50 штук с 10 рандомных (случайных) деревьев.

Также можно прибегать к зональной выборке, если имеет место быть заметная неоднородность, например, растительность на участке поля 100x100 метров. В таком случае общая площадь делится на квадраты с более-менее однородной растительностью и проводится случайная выборка.

Другой важный вопрос – сколько?

Малое количество выборки (<10) не даст точных результатов, но выборка объемом >30 сделает вычисления и обработку трудоёмкими.

Общие рекомендации по количеству таковы (на примере тех же школьников):

- наибольший объем выборки при разработке диагностических методов – от 200 до 1500-2000 человек.
- при сравнении двух выборок общая численность должна быть не менее 50 человек
- чем больше разнородность выборки, тем больше должна быть ее численность. Увеличения объема выборки можно избежать, если учесть однородность выборки (по полу, по возрасту и т.д.)

Изучение морфологических особенностей видов

Несмотря на видимую сложность определения числа выборки, в большинстве случаев минимально-достаточным числом является 30. Например, 30 особей в каждой изучаемой популяции или локусе популяции. Заранее расчертите таблицу для заполнения (ну или распечатайте её).

Если вы изучаете редкий вид и, возможно, в популяции нет 30 особей, то мерьте все что есть. **И будьте вежливы с редким видом.** На рисунке 1 для примера нами показаны признаки, которые обычно снимаются у растений. Кроме растений можно измерять любые объекты живой природы: семена, плоды, не только их размеры, но и вес. Можно изучать морфологию насекомых, например бабочек.

Пример таблицы для внесения первичных данных

№ растения	ВР	ДС	ДВЛ	ШВЛ	ЧЛ	ЧЦ	ЧП
1	32,5	8,5	5,6	3,0	3	15	12
2	28,1	9,3	6,1	2,8	4	11	4
п...	41,8	7,4	6,7	3,5	3	21	15
30	29,5	11,3	4,7	3,4	3	17	18

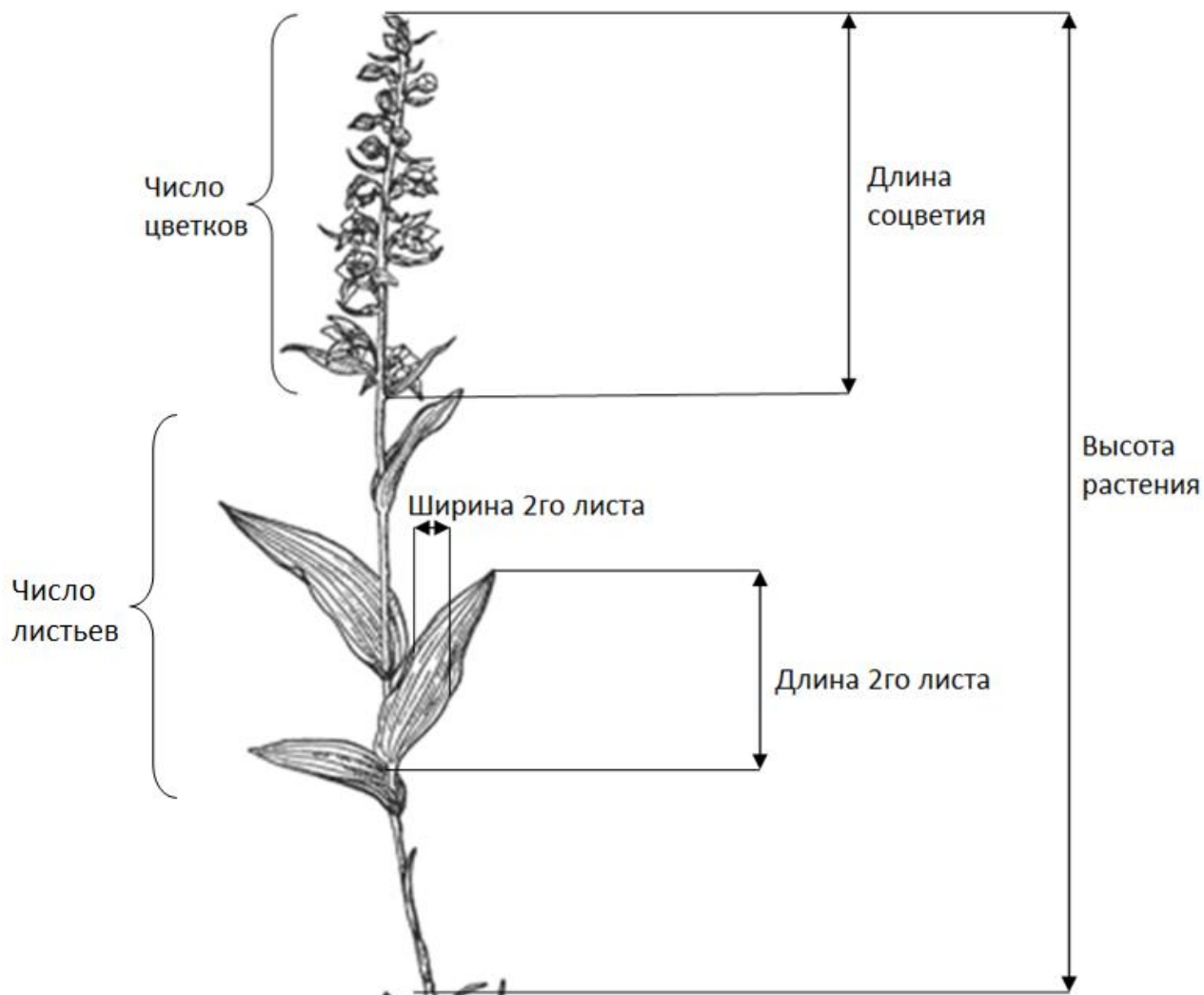
Примечание. ВР – высота растения, ДС – длина соцветия, ДВЛ – длина второго листа, ШВЛ – ширина второго листа, ЧЛ – число листьев, ЧЦ – число цветков, ЧП – число плодов.

Некоторые органы растений (например, цветки) лучше измерять штангенциркулем с точностью до десятых долей миллиметра. Совсем мелкие объекты (например, пыльцу) измеряют под микроскопом специальным мерным окуляром с точностью иногда до трёх знаков после запятой.

Изучать лучше несколько ценопопуляций (ЦП) вида, хотя бы две, чтобы можно было их сравнивать. Но для выявления каких-то сложных закономерностей необходимо сделать промеры, по крайней мере, 10 ЦП. Можно сравнивать особи и в пределах одной ЦП, но в различных условиях.

Предположим, под пологом леса и на открытых участках. Тогда в каждом типе условий тоже желательно изучать не менее 30 особей.

Превратите организм в набор цифр



Гораздо удобнее проводить измерения растений рулеткой.

Измерения проводят в сантиметрах с точностью до 1 миллиметра.

Кстати, если вы опоздали к моменту полного цветения растения, то радуйтесь: кроме числа цветков вы можете (и должны!) подсчитать число плодов.

Это первичные данные – они нужны для обработки. Не надо вставлять их в УИР (иногда можно в приложения, для убедительности, или для объема, но вообще это не принято).

Обработка полученных данных

Итак, общие вопросы мы обсудили, теперь переходим к самому страшному – как собственно проводить эту статистическую обработку? На самом деле ничего страшного в этом нет. Еще лет двадцать назад учёным приходилось делать расчеты вручную, исписывать метры бумаги, ради того, чтобы получить заветный статистически обработанный результат.

Теперь у нас есть компьютеры, и всё что нам требуется – правильно вписать формулы в строки программы. Ниже мы приводим пошаговый алгоритм работы в самой распространенной программе для статистической обработки – **Microsoft Office Excel**.

Все приведенные ниже показатели (среднее значение, ошибка среднего, коэффициент вариации и др.) используются не только при морфологических исследованиях. Это самые стандартные показатели, которые необходимы при обработке практически любого массива данных.

Откройте Excel и введите все полученные данные в таблицу.

1. Среднее значение – (среднее арифметическое) это один из наиболее распространённых показателей, представляющий собой сумму всех зафиксированных значений, делённую на их количество.

В свободной ячейке под столбцом с данными пишем =срзнач (выделяем столбец с данными) (смотрите рисунок) закрываем скобку и нажимаем магический **Enter** и... получаем среднее значение изучаемых признаков.

Вообще вы можете нажать на значёк формулы (fx) и выбирать из длинного списка необходимую вам команду. Но на наш взгляд гораздо быстрее вписывать команды в ручную непосредственно в ячейки.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	№	ВР	ДС	ДВЛ	ШВЛ	ЧЛ	ЧЦ	
2	1	32,5	8,5	5,6	3	4	15	
3	2	28,1	9,3	6,1	2,8	3	11	
4	3	41,8	7,4	6,7	3,5	4	21	
5	п...	29,5	11,3	4,7	3,4	3	17	
6	30	32,98	9,13	5,78	3,18	4	16	
7	=срзнач(A2:A6)							
8								

При написании формулы в ячейке не нужно ставить никаких пробелов, все пишется слитно. В правый нижний угол ячейки с полученным средним значением подводим курсор (он превратится в черный крестик), щелкаем правой кнопкой мыши и не отпуская её «тянем» крестик до конца строки. Во всех столбцах после этого автоматически и совершенно бесплатно появятся средние значения (рис.).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	№	ВР	ДС	ДВЛ	ШВЛ	ЧЛ	ЧЦ	
2	1	32,5	8,5	5,6	3	4	15	
3	2	28,1	9,3	6,1	2,8	3	11	
4	3	41,8	7,4	6,7	3,5	4	21	
5	п...	29,5	11,3	4,7	3,4	3	17	
6	30	32,98	9,13	5,78	3,18	4	16	
7	9	32,975	9,125	5,775	3,175	3,6	16	
8								

Для среднего значения обязателен еще один показатель – стандартная ошибка среднего.

«Стандартная ошибка среднего в математической статистике – величина, характеризующая стандартное отклонение выборочного среднего, рассчитанное по выборке размера n из генеральной совокупности» (Википедия).

Пишем в ячейке под вычисленным средним значением `=стандотклон` (все значения выборки) и нажимаем Enter.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		№	ВР	ДС	ДВЛ	ШВЛ	ЧЛ	ЧЦ
2		1	32,5	8,5	5,6	3	4	15
3		2	28,1	9,3	6,1	2,8	3	11
4		3	41,8	7,4	6,7	3,5	4	21
5		n...	29,5	11,3	4,7	3,4	3	17
6		30	32,98	9,13	5,78	3,18	4	16
7	срзнач	9	32,975	9,125	5,775	3,175	3,6	16
8	стандоткл	<code>=стандотклон(B2:B6)</code>						
9	корень выборки							

Далее вычисляем квадратный корень. Для этого пишем в следующей ячейке `=корень` (число выборки) и снова Enter. Число выборки обычно 30 (или сколько уж есть). Полученное число экстраполируем с помощью «черного крестика» на все оставшиеся ячейки таблицы (рис.) и...

	A	B	C	D	E	F	G	H
3		2	28,1	9,3	6,1	2,8	3	
4		3	41,8	7,4	6,7	3,5	4	
5		n...	29,5	11,3	4,7	3,4	3	
6		30	32,98	9,13	5,78	3,18	4	
7	срзнач	9	32,975	9,125	5,775	3,175	3,6	
8	стандоткл	14,0238	5,33731	1,42544	0,73272	0,28614	0,54772	3,6
9	корень	5,47723	5,47723	5,47723	5,47723	5,47723	5,47723	5,4
10	ошибка	2 560	0 974	0 260	0 134	0 052	0 100	

... и делим стандартное отклонение на корень выборки. Вот так: =B8/B9. Можно сделать ещё проще – сразу прописать формулу в ячейке так: =B8/корень(30).

Полученное значение и есть стандартная ошибка среднего. Обычно само среднее значение и его ошибку пишут нераздельно, вот так: 14,02 ± 2,6.

Для показательности можно вычислить так же максимальные и минимальные характеристики наших растений. Для этого пишем в свободной ячейке =мин (столбец с данными) и снова Enter. Экстраполируем на всю строку =макс (столбец с данными), **Enter** – экстраполяция.

Еще одним важным показателем при обработке данных является коэффициент вариаций – CV.

«Коэффициент вариации используют для сравнения рассеивания двух и более признаков, имеющих различные единицы измерения. Коэффициент вариации представляет собой относительную меру рассеивания, выраженную в процентах». Фактически коэффициент вариации показывает уровень изменчивости признаков. Измеряется он в процентах, а вычисляется так:

$$\frac{\text{стандартное отклонение}}{\text{среднее значение}} * 100$$

В Excel это вычисление CV выглядит так:

C11		=C8/C7*100		
	A	B	C	D
1		№	ВР	ДС
2			1	32,5
3			2	28,1
4			3	41,8
5		n...		29,5
6			30	32,98
7	срзнач		32,975	9,12
8	стандотклон		5,33731	1,4254
9	корень		5,47723	5,4772
10	ошибка		0,974	0,26
11	CV, %		16,1859	15,621

Самый простой способ анализировать полученные коэффициенты вариаций – по Г. Н. Зайцеву (Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. М., Наука, 1984. 256 с.) CV меньше 10 % - низкий уровень изменчивости признака, CV 11-20 % - средней уровень изменчивости, CV больше 20 % - высокий уровень изменчивости.

Итак... Первичную обработку данных мы провели, теперь нужно их красиво и правильно представить. Самый простой и показательный способ – оформление таблицы. Представить ее можно вот так:

Таблица 1

Морфологические характеристики дремлика широколистного
в различных ценопопуляциях Абзелиловского района

№ ЦП	ВР	ДС	ДВЛ	ШВЛ	ЧЛ	ЧЦ	ЧП
1	$\frac{246,6 \pm 8,5}{(167,0-320,0)}$	$\frac{30,9 \pm 3,3}{(10,0-70,0)}$	$\frac{4,1 \pm 0,1}{(3,0-5,0)}$	$\frac{7,4 \pm 0,1}{(6,0-8,0)}$	$\frac{42,6 \pm 0,9}{(35,0-51,0)}$	$\frac{12,4 \pm 0,2}{(10,0-15,5)}$	$\frac{10,7 \pm 0,7}{(7,0-15,0)}$
2	$\frac{242,8 \pm 6,2}{(158,0-305,0)}$	$\frac{33,8 \pm 2,3}{(10,0-55,0)}$	$\frac{3,6 \pm 0,1}{(2,0-5,0)}$	$\frac{7,4 \pm 0,1}{(6,0-9,0)}$	$\frac{40,4 \pm 1,1}{(31,0-52,0)}$	$\frac{11,2 \pm 0,3}{(7,0-14,5)}$	$\frac{10,3 \pm 0,3}{(9,0-12,0)}$
3	$\frac{193,8 \pm 8,8}{(125,0-244,0)}$	$\frac{33,2 \pm 3,5}{(15,0-56,0)}$	$\frac{2,9 \pm 0,2}{(2,0-4,0)}$	$\frac{7,5 \pm 0,2}{(6,0-8,0)}$	$\frac{41,1 \pm 1,6}{(33,0-49,0)}$	$\frac{10,7 \pm 0,7}{(7,0-15,0)}$	$\frac{11,2 \pm 0,7}{(7,0-18,0)}$

Примечание. В числителе указано среднее значение признака, ± - стандартная ошибка, в знаменателе указаны коэффициент минимальное и максимальное значение признака в выборке. ВР – высота растения, ДС – длина соцветия, ДВЛ – длина второго листа, ШВЛ – ширина второго листа, ЧЛ – число листьев, ЧЦ – число цветков, ЧП – число плодов.

Обязательно – под таблицами ли, под рисунками ли расшифровывайте все нестандартные аббревиатуры, типа ВР, ИУР, ЧП и др., указывайте в примечании, что за цифры в числителе, а что в знаменателе. Не нужно вставлять в таблицу цифры с 1000 знаками после запятой, вполне достаточно оставить один (максимум 2) знака после запятой. Отдельно можно сделать таблицу с коэффициентами вариаций.

Что еще можно сделать с нашими цифрами?

Во-первых, рассчитать аллометрические показатели – индексы.

1. Расчет отношения высоты растения к длине соцветия – *это индекс генеративного усилия* – то, сколько сил тратит растение на развитие генеративных органов. Просто делим столбец с данными о высоте растения на столбец с данными о длине соцветия. Получаем цифру близкую к 1 – индекс. У редких растений этот индекс будет ниже 1 – значит длина соцветия больше, чем высота растения. Для всего полученного массива данных о генеративном усилии вычисляем все основные показатели – среднее значение, стандартную ошибку, CV и др. Чем выше индекс генеративного усилия, тем больше сил тратит растение на развитие соцветия, то есть и на половое размножение.

2. Еще один важный показатель полового размножения растений – *репродуктивный успех*. Он может выражаться в числе цветков, плодов, весе и качестве семян, числе молодых особей в ЦП и др. В принципе, проще и иногда лучше рассчитать долю плодообразования – процент образованных плодов. Для этого нужно подсчитать, сколько плодов образовалось и сколько цветков не завязалось из расчета на одну особь, затем усреднить оба показателя для всей выборки (ну те же 30 стандартных особей) и определить процент (долю) плодообразования.

Все эти данные также усредняются и для них рассчитываются основные статистические показатели.

В природе для определения плодообразования часто приходится возвращаться в популяцию после цветения объектов и первичных замеров – тогда, когда растения уже образовали плоды или семена. В период плодоношения можно подсчитать число цветоножек без плодов и определить, сколько было цветков в соцветии первоначально. Однако не у

всех растений это заметно, а кроме того, некоторые органы растений (например листья) уже могут опадать или терять тургор.

3. Еще один аллометрический показатель – индекс листовой поверхности. Просто делим длину листа на его ширину и получаем те самые цифры, близкие к 1. Здесь индекс будет показывать не относительный размер (как при делении высоты растения на длину соцветия) а ФОРМУ листа – чем ближе полученные показатели к 1 тем лист круглее. 1 – это совсем круглый лист. Форма листа может отражать какие-либо фенотипические особенности растения.

Все аллометрические данные, так же как и простые метрические, необходимо усреднять, высчитывать основные статистические показатели и аккуратно представлять в виде таблиц или графиков.

Итак, основные статистические данные мы получили. Помните, что без сравнения эти данные довольно скучны и ничемны. Необходимо изучать организмы в разных условиях и разных точках – в городе и в природе, вблизи завода и в парке, у реки и в лесу и т.д. При сравнении мы увидим закономерности и сможем сделать интересные заключения.

Анализ «страшных» цифр

Окей, скажет вы – данные мы собрали, обработали, внесли в таблицы... Что дальше-то делать? А дальше нужно тщательно и щепетильно провести анализ полученных данных. Не просто написать, что у растений в первой ценопопуляции число цветков больше, чем у растений во второй, а попытаться найти причину этому, выдвинуть предположения.

Для примера приведем немного сокращенную таблицу с реальными данными из одной школьной работы.

И небольшая цитата из работы, показывающая хороший пример анализа этих табличных данных: *«...в условиях большой затененности у подмаренника душистого снижается длина побега и длина соцветия, а соответственно и индекс репродуктивного усилия. Наоборот*

наибольшая длина побега характерна растениям, обитающим в условиях с высокой освещенностью. Им же характерен и наибольший индекс репродуктивного усилия». И далее «... в условиях освещения полога подмаренник переходит к половому размножению, что видно из показателей репродуктивной части растений. Половое размножение обеспечивает разнообразие потомков и шанс расселения. А это помогает избежать конкуренции с другими видами растений, неизбежно появляющимися при уменьшении степени сомкнутости крон».

Морфологические характеристики
подмаренника душистого по группам освещенности

Сомкнутость крон, %	ДП	ДС	ИРУ	ИЛП
до 30	$\frac{259,74 \pm 5,15}{18,82}$	$\frac{44,67 \pm 2,04}{43,33}$	$\frac{6,88 \pm 0,33}{45,86}$	$\frac{4,15 \pm 0,04}{9,60}$
30-60	$\frac{239,65 \pm 5,39}{19,74}$	$\frac{46,55 \pm 1,90}{35,73}$	$\frac{5,93 \pm 0,35}{52,33}$	$\frac{3,92 \pm 0,09}{19,99}$
60-100	$\frac{222,13 \pm 3,28}{19,81}$	$\frac{38,16 \pm 1,22}{42,77}$	$\frac{7,21 \pm 0,32}{59,88}$	$\frac{4,11 \pm 0,06}{20,93}$

Примечание. ДП-длина побега, ДС-длина соцветия, ЧМ-число мутовок, ЧЛ-число листьев, ДЛ-длина листа, ШЛ-ширина листа, ИРУ – индекс репродуктивного усилия, ИЛП – индекс листовой поверхности. В числителе указано среднее значение признака, ± - стандартная ошибка, в знаменателе указан коэффициент вариаций (CV, %).

Вроде бы с основными моментами мы разобрались. Теперь далее – как собственно написать саму работу? В этой части мы не будем писать о ГОСТе и всяческих стандартах – они могут меняться из года в год и в зависимости от требований конкурсных комиссий. Но общая структура работы всегда одна и, несмотря на её известность, многие всё равно делают стандартные ошибки. Постараемся же их избежать.

ОФОРМЛЕНИЕ НАУЧНОЙ РАБОТЫ

Любая нормальная работа состоит из всем известных частей. Но, не смотря на их известность, мы их тут перечислим «на всякий пожарный». Перечисление идет именно так, как оно должно быть (включая нумерацию).

ВВЕДЕНИЕ

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Объект исследований

2.2. Методы

2.3. Район исследований

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

ВЫВОДЫ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Введение

Введение состоит из трёх основных частей – актуальности, цели и задач. Иногда гипотезы (по требованию). Каждая эта часть вытекает из предыдущей и опирается на неё.

Актуальность - т.е. «какого лешего» вы затеяли своё исследование? Здесь нужно делать красивого слона из обычной мухи.

Например: « В мире существует около 3 миллионов видов мух. Большинство из них паразиты других животных, многие мухи разносчики заболеваний. Для того, что бы повысить уровень жизни человека необходимо всестороннее изучение мух, в том числе мух, обитающих в деревне Агаповка, так как здесь расположен крупный мясокомбинат. Ранее мясные мухи были изучены довольно подробно, однако в д. Агаповка они изучаются впервые».

Что мы сделали? – мы не соврали, но агаповские мухи стали довольно важным объектом исследований. Можно написать ещё что-то страшное о них, сделать так, чтобы люди поняли – эта работа спасет мир. Здесь две важные вещи – объект исследований и обстановка исследований – они должны быть едины: важны мухи в Агаповке, потому что тут мясокомбинат. Потому изучаются мясные мухи, а не дрозофилы какие-нибудь. Заинтересуйте, делайте так, чтобы слушатели не знали, как жить дальше без ваших изысканий. А так же докажите, что до этого никто такого не делал. Проще всего доказывать подтверждая: делали вот это, делали вот так, делали вон там... (ссылки). Но вот тут про это и вот так никто до нас не делал.

Цель. Цель уже ясна: изучить мух в Агапове. Но тут нужно конкретизировать – мухи они отдельная вселенная. Например, цель такая: изучить видовое разнообразие мясных мух в окрестностях мясокомбината д. Агаповка Челябинской области. Или такая: выявить места гнездования и способы расселения мух в д. Агаповка... ну и др. Цель связана с актуальностью, связана с объектом и с обстановкой. Актуальность рождает цель (хотя чаще наоборот, приходится натягивать актуальность на цель, но это тоже несложно).

Задачи. Все просто – как вы собираетесь выполнить задуманное? Задачи могут быть такие: прочитать литературу о мухах... 2. Поесть перед тем, как идти за мухами. 3. Предупредить маму, что вы идете на опасное задание... Шутка, да? На самом деле никогда не пишите о второстепенных вещах: всем понятно и так. Чтобы изучить, нужно почитать, чтобы почитать, нужно выучить алфавит и т.д. Задачи это важное звено, их вообще лучше формулировать чуть позже. Ну, а мы сделаем сейчас: 1. Обнаружить места скопления мух в д. Агаповка. 2. Изучить видовое разнообразие мясных мух в скоплениях остальных представителей отряда. 3. Описать причины появления скоплений 4. Разработать рекомендации по уменьшению рисков мушинной пандемии.

Всё! Введение это одна-две страницы, включающие генеральный план работы. Всё остальное крутится вокруг этих двух страниц.

Обзор литературы

Это обычно глава 1. Здесь вы можете писать о чем угодно в пределах выбранных рамок. То есть о мухах, о мясных мухах, об эпидемиях, о стерилизации на мясокомбинатах, о способах борьбы с мухами, о роли мух в экосистеме. Вы даже можете так и называть подглавы: 2.1. О происхождении мух 2.2. Краткие сведения о биологии мух... и т.д. Не забывайте вставлять картинки – рис. 1. Общее строение мухи. Текст о строении. Рис. 2. Схема эволюции мух. Текст о происхождении. Рисунки можно тыкать через две страницы, а то и чаще. В обзоре литературы вы можете говорить все об объекте исследований.

Как его создать? Проще репы. Вбиваете слово муха в поиск. Открываете Википедию (aaa... ужас – закричали они). Находите в конце ссылку на книги или статьи по мухам. Находите эти книги – они практически всегда в свободном доступе есть, и они, что важно, чаще всего классика - эти работы знают ученые по теме и вас уже уважают за ссылки на них. Начинаете писать первый абзац введения: мухи весьма разнообразные создания, так в книге Г. Я. Бей-Биенко указывается «...» - цитата из Введения в книгу. Далее, еще одну книгу и так пару раз – но не часто. Еще можно делать так – ищите слово мухи в гугл академии (scholar.google.ru) – вам выводится куча работ про мух и вы, ничтоже сумняшеся, пишете: мухам посвящено большое число исследований отечественных ученых (ссылки-ссылки-ссылки! на русские статьи, книги, что угодно) и иностранных ученых (ссылки!). Большая часть списка литературы складывается из этого. Аккуратно ссылайтесь на своих научных руководителей, членов конкурсной комиссии и других людей, через которых проходит ваша великая работа: это нужно, но правдиво, не тыкайте непонятные статьи куда попало – ссылайтесь на их ваковские или зарубежные работы в самых заметных

местах УИР - начало (где актуальность), начало литобзора, конец литобзора. Чтобы написать нормальный литобзор не обязательно много читать. Самое простое и многие уже этим пользуются: ищите на английском статьи в гугл академии, берете из них только абстракт и переводите на русский. Леня много писать? – больше ссылок, которые можно брать из тех же статей, больше рисунков, больше схем. Из двадцати страниц литобзора (в случае дипломной работы) 15 могут быть забиты таким контентом. В конце обзора закончите: несмотря на многочисленные исследования мух по всем миру, в Агаповке до нас их никто не изучал – подчеркните уникальность своей работы.

Материалы и методы

Описывайте все пошагово: исследования проводились в Агаповском районе Челябинской области в 2015-2033 гг. Вставьте красивую карту с точками, где вы что-то делали (хоть в пэинте на скриншете гугл карт нарисуйте, если надо конечно). Далее, нужно кратко расписать природно-климатические условия района исследований (подглава может так и называться). Опять же, ссылайтесь на официальный РОСГИДРОМЕТ и энциклопедии своей родины, а не на всякие «левые» сайты. В принципе, можно взять и оттуда, а сослаться на что-то более крутое (но желательно только в этой подглаве), вряд ли кто станет проверять, хотя многие мастера своего дела могут заметить... и тогда провал...

После обзора исследуемой территории опишите, что вы делали: конкретно – задача 1 – метод ее решения (способ, инструменты, сроки выполнения, длительность и др.). Задача 2 – метод 2. Ссылки на классику.

Бывает, что нормальных методов для решения чего-либо нет, или они не требуется. Например, вы решили собирать мух на свиноферме ночью – пока они спят. Это удобно и можно собрать кучу материала, а еще выявить места ночевки мух (шутка конечно, скорее всего, муха где устала, там и уснула). Но в литературе нет методов, где бы описывали лов мух ночами. Что

делать? А всё просто: найдите что-то близкое этому. Ловлю ночных насекомых. Типа того: «Жан Анри Фабр (1985) рекомендовал отлавливать жесткокрылых по ночам. На основе этих подходов, мы решили вести ночную охоту на мух» - так вы и на классиков сошлетесь и проявите оригинальность.

В принципе по методам всё... но важное замечание: лучше методы подбирать заранее, еще до написания работы, а не после того как набрали кучу материала.

Собственные исследования

Как-то так сложилось, что научный способ изложения результатов сходен литературному. И в принципе, научные работы это и есть литература. Документальная, но изложенная не просто скучным языком, а описывающая нечто интересное. Ибо без интереса нет науки (хотя, к сожалению некоторые делают науку без интереса к ней, а только к плодам её). Так вот, при изложении собственных результатов в научном труде принята одна штука: сначала сохраняйте беспристрастие. Просто изложите факты. Без личного мнения, без всяких «возможно это произошло потому, что» и «мы считаем, что в этом виноваты...». Мух было столько-то, видов описано столько, плотность колонии такая-то... и др. Факты и цифры. Это делается для того, чтобы другой человек, читающий работу, мог подумать сам, без вашего вмешательства, проанализировать и заинтересоваться вашим личным мнением.

Только после полного описания фактов (которые тоже должны прямо по пунктам отвечать поставленным задачам) вы высказываете свое мнение. Мух так много, потому что в свинарнике не соблюдаются санитарные нормы. Несоблюдение санитарии приводит к повышенной заболеваемости животных и, в конечном итоге, к большим убыткам для животноводства в Агаповском районе. Можно не разделять результаты исследований на фактический материал и личное мнение, а писать абзацами: один абзац (одна мысль) – факт, следующий ваше мнение. Еще одно – между этими формами

изложения должны быть мысли других людей, уже изучивших мушинный вопрос. Типа: в Агаповке мух много, но в Магнитогорске их, по данным Мушникова И. А. с соавт. (2001) их вообще до чёртиков. Необходимы сравнения, чтобы читатель воспринимал масштабы фактов. В итоге, схема изложения своих данных может быть такова: факт - сравнение - свое мнение или такова: все факты - свое мнение – сравнение с фактами и мнениями других учёных.

В конце результатов нужно сделать заключение. Можно выделить его в отдельный пункт, который так и называется. А можно просто через строчку написать «Таким образом, ...». Если вы разбили результаты исследования на несколько глав, то хорошо бы после каждой сделать маленькое «таким образом, ...».

Вообще, заключение это самое вкусное. Здесь можно раскрутить мозг на полную катушку. Вначале обобщите факты. Затем выдвинете идеи. Обоснуйте их. Поговорите об этом по душам с читателем. Потом сравните их с идеями других ученых по этому вопросу. И еще: оставьте место для манёвра. Не будьте догматиком, параноиком и ксенофобом. Сами критикуйте свои мысли, если это можно делать. Напишите «Мы считаем, что мухи приносят огромный ущерб свинохозяйству Агаповки и района в целом, однако каждый вид мух играет важнейшую роль в экосистемах и мы должны жить с ними в мире и согласии». Ну, или типа того. Самокритика придаст гибкость вашим идеям, а кроме того сделает ваших читателей и слушателей более лояльными к вам. И это хорошо. В заключение нужно показать, насколько выполнена ваша первоначальная цели и решены задачи, что еще нужно сделать.

Выводы

Самое простое. Одна задача – один вывод. Без прикрас. Без ваших суждений. Без сравнения. Голые факты и голые цифры. Только то, что вам удалось установить. Но и здесь нельзя быть пуританином: иногда в процессе

решения цели и задач возникают новые данные и новые задачи. Тогда выводов может быть больше. Они могут быть другими. Они могут противоречить вашим гипотезам и даже мнениям других маститых ученых. Не пугайтесь, работайте.

Подытожим: 1. Жесткая структура – скелет исследования. Простые вещи: актуальность рождает цель, цель отображает два основных компонента: объект исследований и обстановку (место, время, его окружение), для выполнения цели ставятся задачи, для решения задач необходимы инструменты – методы (обычно для каждой задачи свой метод), методы могут быть классическими (ссылки на классиков) и оригинальные (сам придумал), далее идет литобзор – все просто: кто и что сделал с объектом исследований до вас, далее результаты исследований в соответствии с задачами: гл. 1. (или подглава) – ответ на задачу 1, гл. 2 – на задачу 2 и т.д., далее выводы – еще проще: просто ответы на поставленные задачи, кратко, в один абзац. Все.

Если соблюдать структуру, то делать работу гораздо проще. В каждой части только то, что нужно. Ни каких методов в результатах, ни каких результатов в задачах и т.д. Для упрощения выполнения можно писать сразу так: задача 1 – метод 1 – результат – 1, вывод -1, а потом раскидать в соответствии с планом УИРа.

Поиск информации

Что-то простое смотрите в Википедии, но не ссылайтесь на неё, она сама ссылается на источники и они чаще всего общедоступны. Например, статьи в Вики по квантовой механике хорошо проработаны – там куча ссылок на классику. Их и используйте. Делайте много ссылок на общие предложения. Например «Двукрылые – одна из самых изученных групп насекомых (ссылка на кучу работ по мухам – хоть на 10-15). Начало изучению мух положил Кар Линней (1168)» - и делайте одну ссылку на классиков и на конкретности. Использование общих фраз в начале глав и

абзацев позволит вам набрать большую часть списка литературы. Сохраняйте ссылки сразу в список, не теряйте время на их поиск потом.

Ищите в гугл-академии – там уже отобрана «инфа» за вас, и вы не будете вписывать в УИРе сто раз откопипащенные работы. Если есть возможность не ссылаться на электронный ресурс, используйте это. В конце многих материалов есть печатные источники. При этом не стоит ссылаться на сложнодоступные труды начала позапрошлого века или еще чего-то там. Большинство статей посвящены очень частным вопросам. Читать их полностью не обязательно – читайте резюме и на основе него делайте литобзор. В резюме подходящей для вашей работы статьи за вас уже рассмотрена проблема, а во вступлении к такой хорошей статье уже есть куча ссылок на других исследователей. Можете найти их работы и тоже использовать. Ищите такую хорошую для вас статью.

Не бойтесь иностранных статей – вбивайте в поиске слова на английском. Лень читать всю статью, не знаете языков – кидайте абстракт в переводчик, правьте и используйте. Не забывайте хватать ссылки и мысли из статьи в литобзор и в список литературы.

Как меньше писать и всем понравиться?

Вставляйте больше рисунков, схем, таблиц. Можете через страницу вставлять рисунок, потом таблицу, потом рисунок и т.д. Только все должно быть по теме. Например, в главе «Объекты исследований» вставьте картинки материальных объектов или схемы чего-то. Если нет схем – создайте их, нарисуйте хоть в паинте схему со стрелками и на пол страницы опишите её. Используя графику, вы уменьшите объем собственно текста в два-три раза и улучшите его понимание.

Пишите красивую работу – форматируйте текст по ширине, соблюдайте абзацы, выравнивайте все. Вначале всегда судят по внешнему виду. Не приносите черновики – делайте все перфект и этим зарабатывайте

бонусы в глазах жюри. Даже если у вас не очень хороший язык изложения вы хотя бы не взбесите людей орфографией и кривым форматированием. И будьте искренни в своей работе. Делайте презентацию и доклад к защите строго по схеме УИР или диплома. Сделайте так, чтобы всем было понятно то, что вы хотите и чуть затуманите сложные для вас вещи. Оставляйте кое-где «дырки» для вопросов, недоговаривайте. Вам будут задавать два типа вопросов: к которым вы готовились, и которые вы даже не ожидали (часто совсем не в тему). В век обладания Интернетом вы уже не обязаны все знать, но должны уметь искать нужные вещи в нужных местах по необходимым шаблонам.

ВНИМАНИЕ! Несмотря на довольно свободный язык изложения в этом пособии научные работы нужно писать строгим академическим языком! Чтобы выработать такой научный язык нужно больше читать и больше писать, вот и весь совет.

ПОЛЕЗНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Приведём немного источников по выполнению исследований и написанию научных работ (большинство из них вы можете найти в открытом доступе):

- Умберто Эко. Как написать дипломную работу.
- Вахмистров Д.Б. Как писать научную статью по физиологии растений.
- Советы молодому ученому. Методическое пособие для студентов, аспирантов, младших научных сотрудников и, может быть, не только для них. Подготовлено к Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 50-летию первой молодежной конференции в ИЭРиЖ.
http://www.ipae.uran.ru/pdf/smu/Sovety_2011.pdf
- Стивен Кинг. Как писать книги <http://dramafond.ru/wp-content/uploads/2014/11/Кинг.-Как-писать-книги.pdf>
- Как поучить грант РФФИ? http://spbu.ru/files/upload/science/smu-spbgu/file_RFFI.pdf - полезная информация не только о грантах но и о науке в целом.

И вот вам еще несколько иностранных баз данных с миллиардами научных статей – не все их можно бесплатно скачать, но у всех можно прочитать введение и этого чаще всего достаточно, чтобы понять вопрос.

- onlinelibrary.wiley.com – отличная база для биологов и экологов
- www.nature.com – всемирно известный журнал
- www.scopus.com – пожалуй, самая крупная на планете база данных
- Не забывайте и об отечественных ресурсах, в первую очередь это elibrary.ru/defaultx.asp

Также много интересных статей и синопсов можно найти на сайте elementy.ru – из этих текстов можно черпать вдохновение для своих исследований).

Условия публичной лицензии

Авторы настоящим разрешают следующие виды использования данного текста:

1. Воспроизведение текста (полностью или частично) на бумаге путём распечатки для удовлетворения личных бытовых, учебных потребностей, или для передачи воспроизведённого экземпляра другим лицам;

2. Копирование и распространение данного файла в электронном виде, в том числе путём записи на физические носители и путём передачи по компьютерным сетям, с соблюдением следующих условий: все воспроизведённые и передаваемые любым лицам экземпляры файла являются точными копиями исходного файла, при копировании не производится никаких изъятий, сокращений, дополнений, искажений и любых других изменений; распространение и передача копий другим лицам производится исключительно *бесплатно*, то есть при передаче не взимается никакое вознаграждение ни в какой форме, в том числе в форме просмотра рекламы, в форме платы за носитель или за сам акт копирования и передачи.