



Экологическое
объединение «Родник»
МБОУ «СОШ № 102»
Воронежская область
городской округ город Воронеж

Номинация «Экология энергетики»

Световое загрязнение города Воронежа и его влияние на растения

Автор ученица 8 класса
МБОУ «СОШ № 102»
Исаева Анастасия Андреевна

Руководитель учитель биологии
МБОУ «СОШ № 102»
Шацких Марина Алексеевна

Воронеж, 2019

Оглавление

1. Введение.....	3
2. Методы исследования	7
3. Результаты исследования и их обсуждение.....	10
4. Заключение. Выводы.....	14
5. Источники информации	15
6. Приложение.....	16

Введение.

Каждый человек в своей жизни, обязательно смотрит на ночное небо. Когда-то наши предки любовались многочисленными звездами ночного неба, но сегодня мы с трудом можем различить небольшие точки, напоминающие звезда. Насколько меньше видно звезд. При наличии искусственных источников света небо очень сильно освещается, и поэтому в больших городах звезд может быть совсем не видно. Это световое загрязнение.

Световое загрязнение — освещение ночного неба искусственными источниками света, свет которых рассеивается в нижних слоях атмосферы. Данное определение светового загрязнения можно найти в словаре на Академикe. Иногда, это явление также называют световым смогом. Световое загрязнение хорошо видно на снимках Земли из космоса, сделанных ночью, а мы наглядно наблюдали его на интерактивном глобусе в лаборатории ГАУ ДО ВО «Региональный центр выявления, поддержки и развития способностей и талантов у детей и молодежи «Орион».

Основными источниками загрязнения являются уличное освещение, светящиеся рекламы, световые украшения улиц и подсветка зданий и памятников.

Большая часть излучаемого света направляется или отражается наверх, что создаёт над городами «световые купола». Часто это вызвано неоптимальной и неэффективной конструкцией многих систем освещения, что ведет к неправильному и расточительному расходу энергии. Эффект освещения неба усиливается распространёнными в воздухе частицами пыли, так называемыми аэрозолями. Эти частицы дополнительно преломляют, отражают и рассеивают излучаемый свет.

Актуальность. Световое загрязнение – это одна из экологических проблем современности. Ежегодный рост светового загрязнения в разных странах Европы составляет от 6 до 12 %. Данное загрязнение слабо изучено, особенно в вопросах влияния на жизнедеятельность растений. Изучение светового загрязнения на территории нашего города не проводилось, поэтому необходимо изучить его и сравнить полученные данные с нормами.

Проблема: негативные последствия такого экологического фактора, как световое загрязнение, слабо изучены и освещены в информационных источниках.

На основании изученной проблемы нами была выдвинута **гипотеза:** световое загрязнение оказывает негативное воздействие на жизнедеятельность деревьев.

Цель нашей работы изучение светового загрязнения города Воронежа.

Для достижения поставленной цели мы определили несколько задач:

1. Определить уровень светового загрязнения около крупных торговых центров, на улицах и дворовых территориях города.
2. Сравнить полученные данные с нормами СНиП.

3. Выявить влияние светового загрязнения на модификационную изменчивость листьев дуба черешчатого.

4. Изучить флуктуирующую асимметрию листьев клена как показатель влияния светового загрязнения.

5. Сделать выводы о влиянии светового загрязнения на жизнедеятельность растений.

Объект исследования: деревья парка у ТЦ «Арена» и улицы Бульвар Победы.

Предмет исследования: влияние светового загрязнения на жизнедеятельность деревьев.

Место исследования: улицы и дворы города Воронежа, парк у ТЦ «Арена» и Лесопарковый участок НИИЛГИС.

Данная работа отличается **новизной** и имеет **научную** и **практическую значимость**. В ходе работы была определена освещенность на некоторых улицах города и у крупных торговых центров с помощью цифровой лаборатории «EINSTEIN» и изучено влияние светового загрязнения на жизнедеятельность растений.

Данные исследований можно использовать для более эффективного размещения световых рекламных щитов и правильной посадки деревьев на улицах и в парках города.

Обзор источников информации по проблеме исследования

В «ГОСТ 30772-2001. Межгосударственный стандарт. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины определения» (введён Постановлением Госстандарта России от 28.12.2001 № 607-ст) в п. 6.10 дано следующее определение светового загрязнения: «Форма физического загрязнения окружающей среды, связанная с периодическим или продолжительным превышением уровня естественной освещённости местности, в том числе и за счёт использования источников искусственного освещения». Основными источниками светового загрязнения являются крупные мегаполисы. «Световые купола» крупных городов достигают высоты 60 км. В крупных мегаполисах световое загрязнение дополняется традиционным загрязнением атмосферы. [1].

В результате световое загрязнение получило и другое название – «световой смог». И масштабы светового загрязнения окружающей среды уже таковы, что не учитывать его больше нельзя. В густонаселённой Европе около половины населения, так или иначе, регулярно сталкивается со световым загрязнением. Как уверяют специалисты, из-за световых куполов над городами две трети жителей Земли иногда не видели настоящего тёмного неба (в Европе и в США таких жителей ещё больше). Каждый пятый землянин (среди европейцев – каждый второй) не может наблюдать Млечный путь. В целом световые купола создают большую проблему для астрономических наблюдений (фоновые засветки неба приводят к увеличению шумов регистрирующей аппаратуре телескопов). Так, сплошная жилищная и общественно-деловая застройка территорий вокруг обсерватории,

строительство нового терминала аэропорта «Пулково» существенно затруднило работу Главной (Пулковской) астрономической обсерватории Российской академии наук, расположенной всего в 19 км югу от центра Санкт-Петербурга. [3].

Влияние светового загрязнения на живые организмы

Наиболее важным всё-таки стоит считать влияние светового загрязнения именно на биосферу. Световое загрязнение отрицательно влияет на растительный мир. Так, деревья, находящиеся рядом с искусственными источниками освещения, не чувствуют приближения зимы по сокращению продолжительности светового дня, оказываются физиологически не готовыми к холодам и могут вымерзнуть. Увеличение периода фотосинтеза, вызванного применением искусственного света, ведёт к неестественному росту растений и смещению фазы цветения.

Организм человека и большинства животных исторически сформировался под воздействием циркадного ритма с активной дневной фазой и фазой отдыха ночью.

Свет синхронизирует повторяемость этого биоритма. Вся жизнедеятельность животных периодична. Внешними факторами, регулирующими ритмы, являются суточные и годовые колебания интенсивности света, температуры, уровня шумов и др. Периодичность освещения, соотношения длительности дня и ночи являются важными синхронизаторами суточных и годовых ритмов жизнедеятельности организмов. Световые сигналы регулируют внутренние часы независимо от фоторецепторов. Рецепторы света при фотопериодической регуляции существенно отличаются у разных животных.

Искусственное освещение окружающей среды влияет на цикл роста многих растений. Деревья в окружении сильных источников света сбрасывают листья позже, чем в естественной темноте. Увеличение периода фотосинтеза, вызванного применением искусственного света, ведёт к сверхъестественному росту растений, смещению фазы цветения и частоты фотосинтеза. [7]

Для подавляющего большинства организмов – будь то человек, таракан или пучок планктона – цикл света и темноты является влиятельным регулятором поведения. Он опосредует ухаживание, размножение, миграцию и многое другое.

В Нидерландах ученые провели один из крупнейших полевых экспериментов. Было взято восемь мест в природных заповедниках и темных местах, где были установлены уличные фонари в несколько рядов. Каждый ряд имел свой цвет – зеленый, белый, красный, а так же контрольный ряд выключен. Шесть лет ученые и волонтеры применяли камеры для фиксирования активности мелких млекопитающих; автоматические детекторы летучих мышей для записи вызовов эхолокации; туманные сети для улавливания птиц; и гнездовые ящики для оценки сроков и успеха размножения.

Команда ученых выявила физиологические данные, которые приводят к пагубным последствиям для здоровья животных. Певчие птицы, которые летали вокруг белого света, были обеспокоены в течение всей ночи. Их сон был нарушен, птицы имели метаболические изменения, которые могли бы указать на ухудшение здоровья. Также в проекте было обнаружено влияние света на летучих мышей, они были в растерянном состоянии под искусственным светом. Некоторые виды, обитали вблизи ламп, где собралось много насекомых. Другие, летучие мыши потеряли свое место обитания и исчезли из некоторых мест. [5]

Последние исследования показали, что световое загрязнение может иметь самые серьезные последствия и для здоровья человека [3]. Этот факт указывает на необходимость учёта мощности излучения и спектра ламп при оценке условий освещения [7]. Некоторые исследователи утверждают, что двухчасов чтения с компьютерного экрана при максимальной яркости достаточно, чтобы подавить нормальную выработку ночного мелатонина. А если читать яркого экрана в течение многих лет, то это может привести к нарушению циркадного ритма. В настоящее время предлагаются специальные компьютерные программы, делающие свечение экрана адаптированным к времени суток. Свечение монитора плавно меняется от холодного днём к тёплому ночью, и работать за монитором в любое время суток становится значительно комфортнее. Были также изучены люди, работающие в условиях большой освещённости. Выявленные у них повышенное кровяное давление, частые головные боли, тенденции к беспокойству – всё это связывают именно со световым загрязнением. Многие исследования последних лет находили связь между работой в ночную смену и воздействием искусственного света на возникновение или обострение у наблюдаемых работников болезней сердца, сахарного диабета, ожирения, а также рака предстательной железы.

А каковы пути решения этой проблемы? Невозможно и не нужно отказываться от ночного освещения городов вообще, но следует сделать его более рациональным. Для этого обычно предлагаются вполне осуществимые меры: минимальное освещение закрытых на ночь заведений, грамотное распределение светового потока подсветки зданий, памятников архитектуры и ландшафта, использование оборудования с «правильной» оптикой, позволяющей точно направлять световой поток. Подсветка должна быть фрагментарной и никогда не направляться в небо. Что касается световой рекламы, то она должна быть разумно ограничена. Первой европейской страной, в которой к проблеме светового загрязнения подошли на законодательном уровне, стала Словения, в 2007 г. принявшая закон, запрещающий направлять свет прожекторов в небо.

Методика исследования.

Оценка стояния среды на основе метода флуктуирующей асимметрии

Методами биоиндикации и биотестирования определяют присутствие в окружающей среде того или иного поллютанта по наличию или состоянию определённых организмов, которые максимально чувствительны к изменению состояния окружающей среды. При этом используемые виды-биоиндикаторы должны удовлетворять следующим требованиям:

- это должны быть виды, характерные для природной зоны, где производится исследование;
- организмы-индикаторы должны быть распространены на всей изучаемой территории;
- они должны иметь четко выраженную на отклонение количественную и качественную реакцию на отклонение свойств окружающей среды от нормы;
- биология данных видов-индикаторов должна быть хорошо изучена.

Особую значимость имеет то обстоятельство, что биоиндикаторы отражают степень опасности соответствующего состояния окружающей среды для всех живых организмов, в том числе и для человека.

Для оценки стрессового воздействия на растения широко используются морфологические (наличие хлорозов и некрозов, изменения длины и массы листьев) и физиолого-биохимические (оводнённость, пигментный состав) методы.

Метод оценки устойчивости растения, основанный на измерении флуктуирующей асимметрии, широко применяется в России и за рубежом. Его используют для изучения гомеостаза развития популяций растений урбанизированных территорий в условиях загрязнения природной среды. Под давлением стрессовых факторов происходит ослабление гомеостатических механизмов, что на морфологическом уровне выражается в повышении асимметрии листового аппарата.

Под флуктуирующей асимметрией понимается случайное небольшое отклонение от симметрии по любому признаку двусторонне симметричного организма (органа). Флуктуирующая асимметрия, с одной стороны, может быть использована для оценки стрессового воздействия внешней среды на живые организмы, а с другой — отражает способность различных видов переносить стрессовые воздействия без вреда для себя и своего потомства.

Широко используемыми модельными объектами для оценки флуктуирующей асимметрией являются береза повислая, тополь чёрный, тополь бальзамический, клён остролистный, липа сердцелистная и дуб черешчатый. Изменение стабильности этих видов заметно при неблагоприятном антропогенном воздействии. [8]

В книге Хомутовой И.В. «Экологическая безопасность. Школьный экологический мониторинг. Практикум» мы нашли подробное описание методики изучения флуктуирующей асимметрии листьев клёна остролистного (*Acer platanoides*).

Сбор материала мы проводили после остановки роста листьев в августе. Листья собирали из нижней части кроны дерева с максимального количества доступных веток равномерно вокруг дерева. Ширина листовой пластинки должна быть равна у клёна от 6,5 до 8 см.

Все листья, собранные для одной выборки, помещали в бумажный пакет, указав на нём номер выборки, место сбора и дату сбора.

Каждая выборка должна включать 100 листьев: по 10 листьев с 10 растений.

При измерениях лист следует положить перед собой лицевой стороной и произвести следующие измерения (рис. 2):

1. Максимальная ширина листа.
2. Расстояние от верхней впадины максимальной лопасти до средней жилки.
3. Длина максимальной лопасти.
4. Ширина максимальной лопасти.
5. Расстояние от нижней впадины максимальной лопасти до средней жилки.
6. Угол между центральной и основной жилками максимальной лопасти.

Полученные данные вносили в таблицы, а затем вычисляли показатель асимметрии листовой пластины для каждого признака по формуле

$$\frac{(L - R)}{(L + R)}$$

Вычисление величины асимметрии листа выполняли, сложив все значения величин асимметрии по отдельным признакам и разделив на число изучаемых показателей:

$$AS = \frac{\left(\frac{L_1 - R_1}{L_1 + R_1}\right) + \left(\frac{L_2 - R_2}{L_2 + R_2}\right) + \left(\frac{L_n - R_n}{L_n + R_n}\right)}{n}$$

Вычислили интегральный показатель асимметрии листовой пластины для всего растения — интегральный показатель стабильности растения путём определения среднего арифметического всех величин асимметрии листа. Полученные величины занесли в таблицу.

На основании расчётов показателей по всем листьям с собранных деревьев определили интегральный показатель стабильности для растительности исследуемого участка. Для оценки степени нарушения стабильности развития как показателя экологического неблагополучия территории использовали пятибалльную систему (таблица 1).

Таблица 1.

Оценка качества среды по значению интегрального показателя стабильности развития (по Захарову)

Значение интегрального показателя стабильности среды	Балл состояния	Оценка качества среды
Меньше 0,040	I	Условно нормальная
0,04 – 0,044	II	Удовлетворительное состояние

0,045 – 0,049	III	Напряженное состояние
0,050 – 0,054	IV	Конфликтное состояние
Больше 0,055	V	Критическое состояние

Изучение модификационной изменчивости листьев дуба черешчатого в разных условиях светового загрязнения.

Данная методика изучения модификационной изменчивости используется старшеклассниками при выполнении лабораторной работы в курсе «Общая биология» и приведена в школьных учебниках. Мы использовали учебник «Общая биология» для 10-11 классов под редакцией академика Д.К. Беляева и профессора Г.М. Дымшица.

Для изучения модификационной изменчивости мы отобрали по 50 листьев дуба черешчатого (*Quercus robur*) с каждого дерева. Измерили длину листа, данные внесли в таблицу и составили вариационный ряд. Используя данные вариационного ряда, определили средние размеры листа для каждой выборки. Построили вариационную кривую. Сделали вывод о влиянии светового загрязнения на размер листа дуба черешчатого (*Quercus robur*).

Результаты и их обсуждение.

С помощью цифровой лаборатории «EINSTEIN» (фото 8-9) мы определили освещённость у четырёх крупных торговых центров «Московский проспект», «Арена», «Молодежный» (фото 6) и «Аксиома», а также во дворах многоэтажных домов, автостоянках и улицах города. (фото 5, 11-12) Измерения около торговых центров проводили на расстоянии 3 метра от здания. Измерения на улицах проводили во время движения по улице в машине. Результаты своих наблюдений отразили в таблице 2.

Таблица 2.

Освещенность улиц города Воронежа

Место исследования	Освещенность, лк	Среднее значение освещенности, лк
Торговый центр «Московский проспект»	24-40	32
Торговый центр «Аксиома»	22-47	34,5
Торговый центр «Арена»	22-42	32
Торговый центр «Молодежный» (большая световая реклама)	30-77	53,5
Ночная стоянка автомобилей на крыше ТЦ «Молодежный»	100-114	107
Дворовая территория (Невского 15-А)	14-16	15
Дворовая территория (бульвар Победы 45)	2-4	3
Улица Московский проспект	40-69	49,5
Улица Лизюкова	19-41	30
Улица Шишкова МБОУ «СОШ № 102», фонарь	14-15	14,5
Улица Шишкова МБОУ «СОШ № 102», вход	4-5	4,5

Освещенность в темное время суток у торговых центров колеблется от 22 до 77 люкс, это связано с тем, что световые рекламы магазинов постоянно меняются. Бывали и очень высокие скачки до 80 люкс. Минимальные значения освещенности были получены у входа в школу 102 и на дворовой территории (бульвар Победы 45).

Данные полученные в результате измерений сравнили с данными норм освещенности некоторых категорий по СНиП (строительные нормы и правила) 23-05-95 (таблица 7 в приложении). Результаты отразили в таблице 3.

Таблица 3.

Сравнение освещенности улиц города Воронежа с нормами по СНиП

Место исследования	Среднее значение освещенности, лк	Среднее значение освещенности (норма), лк
Торговый центр «Московский проспект»	37	20
Торговый центр «Аксиома»	34,5	20
Торговый центр «Арена»	36	20
Торговый центр «Молодежный» (большая световая реклама)	53,5	20
Ночная стоянка автомобилей на крыше ТЦ «Молодежный»	107	6
Дворовая территория (Невского 15-А)	15	4
Дворовая территория (бульвар Победы 45)	3	4
Улица Московский проспект	59,5	20
Улица Лизюкова	30	15
Ул. Шишкова, МБОУ «СОШ № 102», вход	4,5	4

Большинство показателей освещенности улиц города Воронежа, значительно превышают минимальные нормативы, особенно освещенность автостоянки на крыше ТЦ «Молодежный» (фото 10). Светильники на автостоянке светодиодные и направлены вниз, следовательно, они энергосберегающие и не весь свет попадает в небо. Отвечают минимальным нормам освещенности дворовая территория у дома 45 по бульвару Победы и территория около центрального входа в школу.

Изучение модификационной изменчивости листьев дуба черешчатого (Quercus robur).

Мы собрали по 50 листьев дуба черешчатого с двух деревьев, отличающихся друг от друга световым режимом. Около одного из них (дуб 1) расположено несколько фонарей уличного освещения (фото 3). Дуб 2 растет в тех же условиях, но без дополнительного освещения. Дубы растут в парке около ТЦ «Арена».

Таблица 4.

Вариационный ряд модификационной изменчивости листьев дуба черешчатого (Quercus robur) 1.

Изменение признака, см	11, 5	1 2	12, 5	1 3	13, 4	1 4	14, 6	1 5	15, 5	1 6	16, 5	1 7	17, 5	1 8
Частота встречаемости	1	1	2	2	3	5	5	1 4	5	5	3	2	1	1

Таблица 5.

Вариационный ряд модификационной изменчивости листьев дуба черешчатого (*Quercus robur*) 2.

Изменение признака, см	8,5	9	9,5	9,8	10	10,2	10,5	10,8	11	11,5	12
Частота встречаемости	1	3	5	7	20	5	3	2	2	1	1

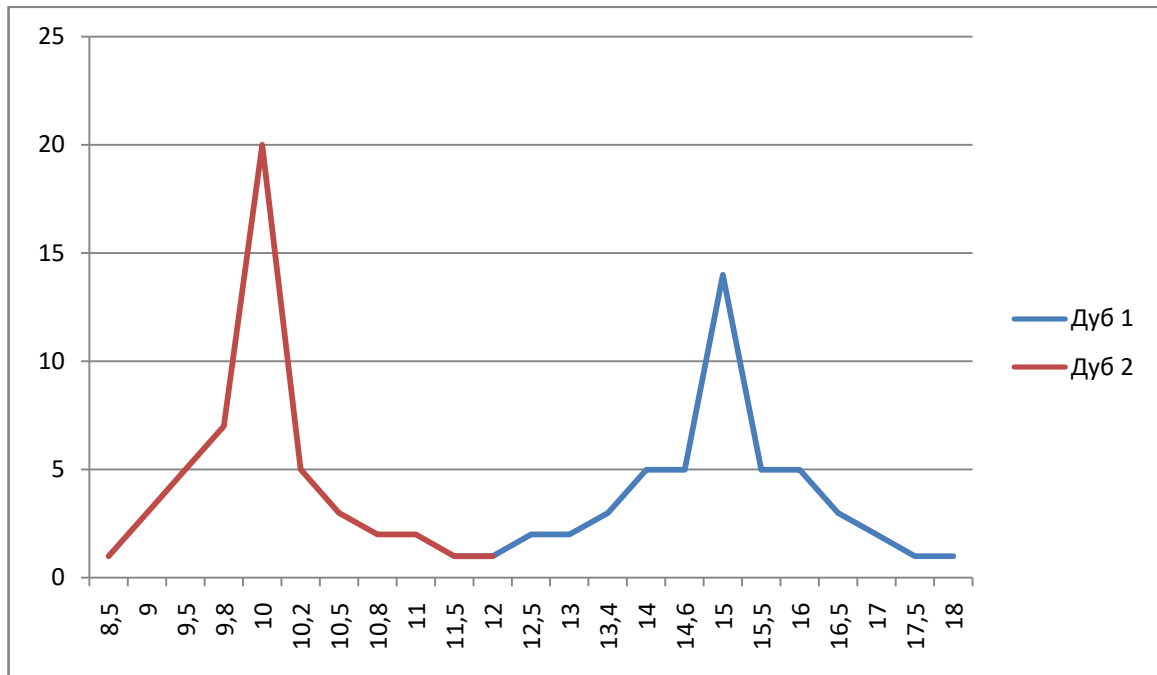


Рисунок 1. Вариационные кривые.

Изучив вариационные кривые модификационной изменчивости листьев дуба черешчатого, пришли к выводу, что дополнительное освещение в вечернее время способствует активному росту растения, это отражается и на размерах листьев дерева. Средняя длина листа дуба 1, который растет около фонарей – 13,89 см, а у дуба 2 – 10,02 см.

Изучение параметров флуктуирующей асимметрии листьев клёна остролистного (*Acer platanoides*).

Для изучения влияния светового загрязнения на растения, мы решили использовать методику изучения флуктуирующей асимметрии листьев клёна остролистного. Клен остролистный произрастает в парке около ТЦ «Арена». В парке есть участки, которые хорошо освещены фонарями уличного освещения, а есть участки, которые имеют естественное освещение. Другие две группы деревьев клена остролистного мы выбрали вдоль улицы Бульвар Победы. Здесь проходит оживленная дорога и есть участки с разным влиянием светового загрязнения. (фото 1-2,4)

Измерив 6 параметров листа клёна остролистного (фото 7), мы провели расчеты и получили следующие результаты, которые отразили в таблице 6.

Результаты исследования

Название растения	Место произрастания	Освещенность, лк	Значение показателя асимметрии	Оценка качества среды
Клен остролистный (Acer platanoides)	Парк ТЦ «Арена»	1	0,029	Условно нормальная
Клен остролистный (Acer platanoides)	Парк ТЦ «Арена»	14-18	0,041	Удовлетворительное состояние
Клен остролистный (Acer platanoides)	Парк ТЦ «Арена»	2	0,033	Условно нормальная
Клен остролистный (Acer platanoides)	Парк ТЦ «Арена»	14-16	0,044	Удовлетворительное состояние
Клен остролистный (Acer platanoides)	Ул. Бульвар Победы	2	0,043	Удовлетворительное состояние
Клен остролистный (Acer platanoides)	Ул. Бульвар Победы	13-17	0,047	Напряженное состояние
Клен остролистный (Acer platanoides)	Лесопарковый участок НИИЛГиС	0, 147	0,025	Условно нормальная

Исходя из данных таблицы, мы можем сделать вывод, что световое загрязнение при прочих равных условиях среды, влияет на стабильность развития растений, что отражается на асимметрии листовой пластинки. Деревья, которые растут на улице Бульвар Победы, испытывают большую антропогенную нагрузку (дорога с интенсивным движением), что приводит к увеличению значения показателя асимметрии.

Наша гипотеза подтвердилась частично, так как световое загрязнение воздействует как положительно, так и отрицательно на жизнедеятельность растений.

Заключение. Выводы и предложения.

Изобретение электричества и искусственного освещения изменило световой режим крупных городов.

Чередование циркадианного (околосуточного) цикла дня и ночи — наиболее важный регулятор разнообразных физиологических ритмов у всех живых организмов, включая человека. Световое загрязнение приводит к нарушению циркадных ритмов у живых организмов.

На основе проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Освещенность в темное время суток у торговых центров колеблется от 22 до 77 люкс, это связано с тем, что световые рекламы магазинов постоянно меняются и имеют разную яркость. Минимальные значения освещенности были получены у входа в школу 102 и на дворовой территории (бульвар Победы 45).
2. Большинство показателей освещенности улиц города Воронежа, значительно превышают минимальные нормативы, особенно освещенность автостоянки на крыше ТЦ «Молодежный». Отвечают минимальным нормам освещенности дворовая территория у дома 45 по бульвару Победы и территория около центрального входа в школу.
3. Изучив вариационные кривые модификационной изменчивости листьев дуба черешчатого, пришли к выводу, что дополнительное освещение в вечернее время способствует активному росту растения, это отражается и на размерах листовых пластинок дерева.
4. Изучив флуктуирующую асимметрию листьев клена остролистного как показатель качества среды обитания выяснили, что световое загрязнение является тем фактором среды, который сказывается на стабильности развития растений.
5. Световое загрязнение приводит к нарушению циркадных ритмов у растений, что может привести к ослаблению и гибели растений. Так же световое загрязнение способствует увеличению листовых пластинок растений, что можно использовать для получения большой массы видов растений, важных для человека, например, сельскохозяйственных.

Перспективы работы.

1. Сравнить температуру поверхности деревьев, растущих в разных световых условиях.
2. Определить связь между разными типами ламп и уровнем освещенности.
3. Провести фенологические наблюдения за деревьями растущими в разных световых условиях.

Библиографический список

1. Анисимов В.Н. Хронометр жизни. // Природа, 2007, № 7, с. 3–10.
2. Вайтцель Р., Ваккер Р.А., Мюллер Ш., Хальтбрингер В. О влиянии света на человека с учетом новых воззрений (взгляд изготовителей ламп). // Светотехника, 2005, № 5, с. 12–15.
3. Ван ДенБельд Г. Свет и здоровье. // Светотехника, 2003, № 1, с. 4–8.
4. Иоффе К.И. Биологическое влияние видимого света на организм человека. // Светотехника и электроэнергетика, 2008, № 3, с. 21–29.
5. Исаков А.А. Астроклиматический аспект свечения ночного неба. / В кн.: Астроклимат и эффективность телескопов. – Л.: Наука, 1984.
6. Матвеев Л.Т., Вершель Е.А., Матвеев Ю.Л. Влияние антропогенных факторов на климат городов. // Ученые записки РГГМУ, 2011, № 17, с. 41–50.
7. Бармасов А.В., Бармасова А.М., Яковлева Т.Ю. Биосфера и физические факторы. Световое загрязнение окружающей среды. (Электронный ресурс). – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21483048>
8. Хомутова И.В. Экологическая безопасность. Школьный экологический мониторинг. Практикум. Среднее общее образование. 10-11 классы: учеб.пособие для общеобразоват. организаций / И.В. Хомутова. – М.: Просвещение, 2019. – 192 с.: ил. – (Профильная школа)

Таблица 7.

Нормы освещенности некоторых категорий по СНиП 23-05-95

Освещаемые объекты	Средняя освещенность Еср, лкне менее
Освещение улиц, дорог, площадей, стоянок автотранспорта	
Центральные магистрали, связующие улицы с выходом на магистрали А1(в центре города) - с пропускной способностью 4 000 - 7 000 ед/ч	20
Транспортные и пешеходные связи в пределах жилых районов и выход на магистрали, кроме улиц с непрерывным движением (жилая застройка за пределами центра города) - с пропускной способностью 1 500 - 3 000 ед/ч	15
Главные улицы, площади общественных и торговых центров	10
Основные улицы жилой застройки	6
Второстепенные (переулки) улицы жилой застройки	4
Открытые стоянки на улицах всех категорий, а также платные вне улиц, открытые стоянки в микрорайонах проезды между рядами гаражей боксового типа	6
Освещение пешеходных пространств	
Площадки перед входами культурно-массовых, спортивных, развлекательных и торговых объектов, спортивных, развлекательных и торговых объектов	20
Пешеходные улицы, главные и вспомогательные входы парков, санаториев, выставок и стадионов	6

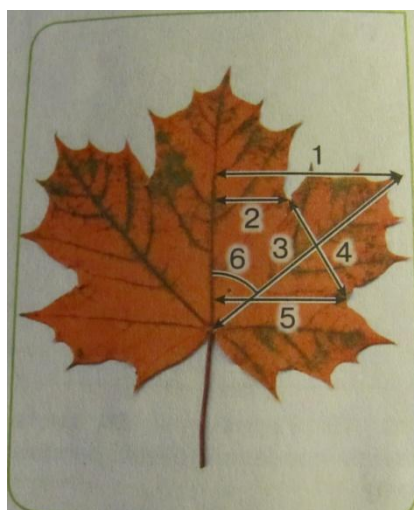


Рисунок 2. Параметры для изучения флуктуирующей асимметрии листа.



Фото 1. Парк у ТЦ «Арена»



Фото 2. Клены в парке у ТЦ «Арена»



Фото 3. Дуб в парке у ТЦ «Арена»



Фото 4. Клены без светового загрязнения

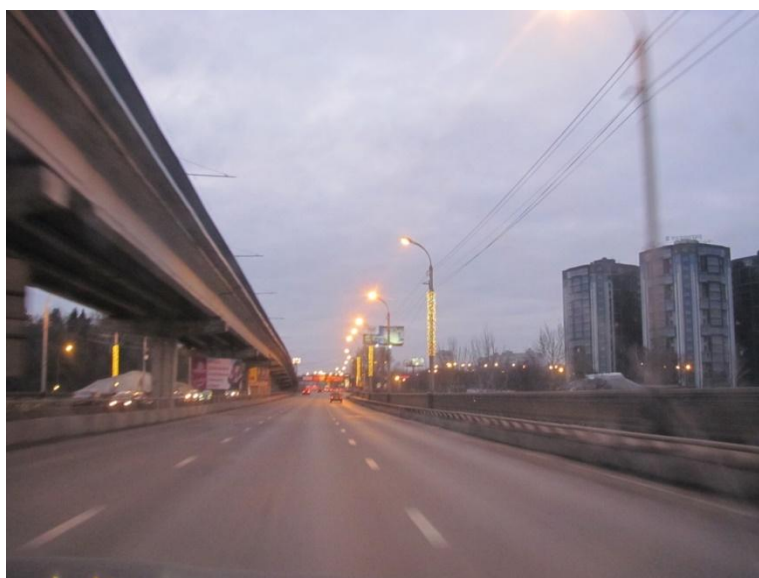


Фото 5. Световое загрязнение улиц города



Фото 6. Световая реклама у ТЦ «Молодёжный»



Фото 7. Изучаем асимметрию листьев

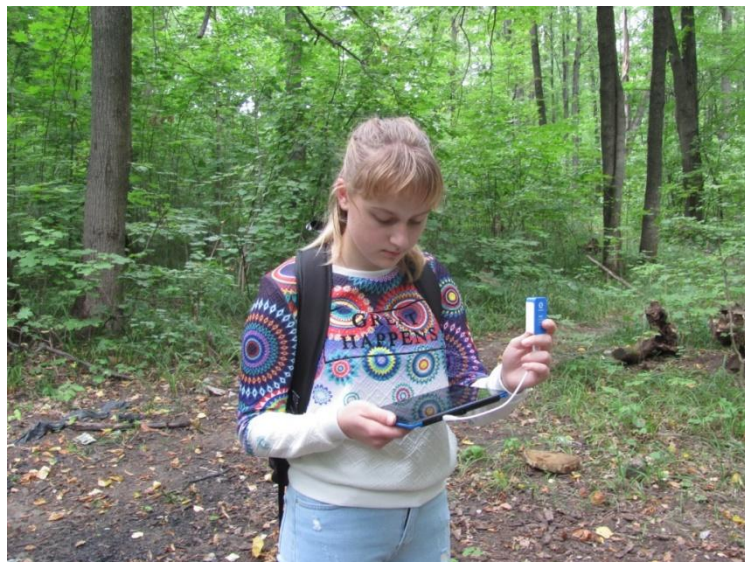


Фото 8. Работаем с цифровой лабораторией.



Фото 9. Определяем освещенность пришкольной территории

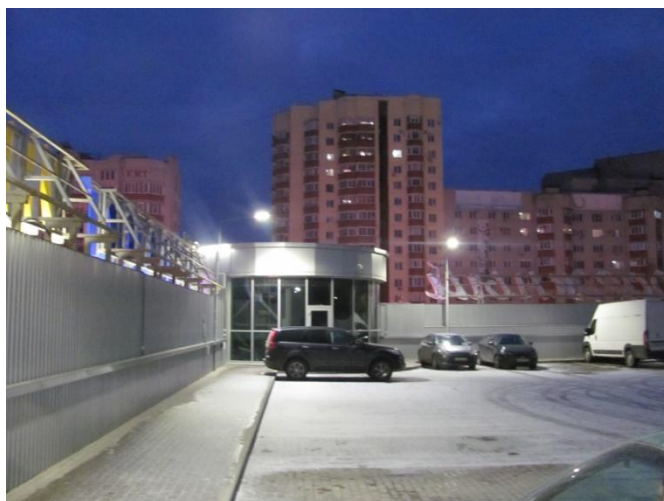


Фото 10. Световое загрязнение на улицах города

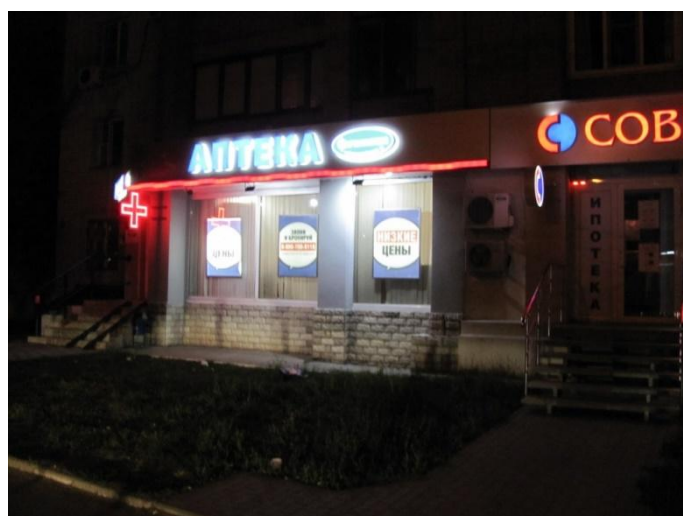


Фото 11. Световое загрязнение на улицах города



Фото 12. Влияние светового загрязнения на деревья

Таблица 1.Значения измерений

Дата 03.08.2019		Исполнитель										
Место сбора парк около ТЦ, Арена (свет)												
№ листа Клещ осаде. красн.	1.Максимальная ширина листа		2.расстояние от верхней впадины лопасти до средней жилки		3.длина максимальной лопасти		4.ширина максимальной лопасти		5.расстояние от нижней впадины лопасти до средней жилки		6. угол между центр. И основной жилками максимальной лопасти	
	л	п	л	п	л	п	л	п	л	п	л	п
1	6,8	6	2,1	2,4	9,7	9,9	4,5	4,3	5,2	6,0	45°	43°
2	7,0	7,0	2,9	2,6	12,7	13	5,5	5,3	6,8	6,2	48°	35°
3	7,0	8,0	2,4	2,7	10,8	11,5	4,8	5,6	5,2	6,4	40°	48°
4	9,7	9,0	3,0	3,3	13,7	14	6,5	7,0	7,5	7,0	40	40
5	8,7	8,5	3,1	2,9	14,5	13	6,0	5,3	6,2	6,7	42	48
6	8,9	10,8	3,2	3,0	14,5	15,5	6,2	6,7	7,4	8,0	32	30
7	9,6	9,8	3,5	3,3	16,3	16,8	6,0	6,7	8,7	8,0	37	37
8	9,4	9,5	3,3	3,5	14,5	16	6,5	7,2	8,0	9,0	38	40
9	8,8	7,5	3,0	3,8	12,3	10,5	6,5	6,5	6,2	7,8	42	45
10	9,8	9,8	3,2	3,0	13,8	13,0	6,8	6,3	7,3	7,2	40	42
11												
Вспомогательная таблица												
	0,0625		0,066		0,010		0,022		0,019		0,022	0,038
	0,09		0,054		0,0116		0,012		0,046		0,156	
	0,066		0,058		0,031		0,076		0,075		0,090	
	0,037		0,047		0,010		0,087		0,032		0	
	0,034		0,033		0,061		0,082		0,038		0,066	
	0,036		0,032		0,033		0,038		0,038		0,032	
	0,029		0,029		0,015		0,022		0,042		0	
	0,002		0,029		0,049		0,051		0,058		0,025	
	0,079		0,117		0,078		0		0,033		0,034	
	0		0,032		0,029		0,038		0,007		0,024	

Фото 13. Таблицы первичных данных

Таблица 1.Значения измерений

Дата 03.08.2019		Исполнитель										
Место сбора парк около Арена (свет)												
№ листа Клещ осаде. красн.	1.Максимальная ширина листа		2.расстояние от верхней впадины лопасти до средней жилки		3.длина максимальной лопасти		4.ширина максимальной лопасти		5.расстояние от нижней впадины лопасти до средней жилки		6. угол между центр. И основной жилками максимальной лопасти	
	л	п	л	п	л	п	л	п	л	п	л	п
1	6,7	6,5	1,9	2,0	8,9	9,0	3,7	3,9	4,6	4,9	45	50
2	7,2	6,0	2,4	2,4	11,1	10,5	4,6	4,1	5,6	5,4	40	37
3	6,9	6,5	2,1	2,1	10	9	4,8	3,8	5,5	4,5	40	40
4	5,8	4,5	1,6	1,7	9,0	9,0	3,0	3,1	4,0	4,5	40	40
5	6,2	6,2	2,0	1,9	9,2	9,5	3,5	4,0	4,6	4,9	45	48
6	3,3	3,5	1,8	1,9	16	10	3,7	4,0	4,9	5,3	35	35
7	7,0	7,0	2,4	2,3	14,5	11	4,8	4,7	5,8	5,8	37	40
8	7,0	7,0	2,4	2,2	14,2	14,1	4,8	4,7	5,8	5,8	40	40
9	7,6	8,0	2,8	2,8	12,8	13	5,4	5,6	6,6	7,0	40	40
10	7,9	8,4	2,4	2,6	11	13,5	4,3	5,2	5,0	7,1	40	45
11												
Вспомогательная таблица												
	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	5	0,08					
	0,8	0	0,5	0,5	0,2	3	0,83					
	0,4	0	1	1	1	5	14					
	0,7	0,1	0	0,1	0,5	0	0,23					
	0,0	0,2	0,3	0,5	0,3	0	0,21	3,65				
	0	0,1	0,0	0,4	0	2	0,46					
	0	0,1	0,5	0,1	0	3	0,61					
	0	0,2	0,1	0,1	0	0	0,06					
	0,9	0,0	0,2	0,1	0,4	0	0,26					
	0,5	0,2	0,5	0,9	2,1	5	1,7					

Фото 14. Таблицы первичных данных