

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физической географии и ландшафтной экологии

**Световое загрязнение как экологическая проблема (на примере г.
Саратова)**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 245 группы

направления 05.04.06 Экология и природопользование

географического факультета

Борщева Евгения Игоревича

Научный руководитель

доцент, к.г.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Ю.В. Преображенский

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

д.г.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

В.З. Макаров

инициалы, фамилия

Саратов 2025

Введение. Загрязнение городской среды и ее компонентов является совокупным результатом излишней антропогенной нагрузки на окружающую среду. В городах экономически развитых стран проблемы в области экологии связаны с ростом потребления, транспортной инфраструктурой (выбросы CO₂, SO₂, CH₄, NO₂), шумовым загрязнением и ухудшением качества грунтовых вод. К одной из наиболее глобальных экологических проблем относят и такое явление как «световое загрязнение».

Световое загрязнение (или световой смог) - освещение ночного неба искусственными источниками освещения, свет которых рассеивается в нижних слоях атмосферы [1].

Чрезмерное использование искусственного освещения может иметь серьезные последствия для живых организмов. Оно способно привести к затмению звёзд в небе, вызывающее дезориентацию перелётных птиц в пространстве и диапаузу насекомых. Световое загрязнение также вызывает перерасход электроэнергии в городской среде, затрачивая при это ископаемые ресурсы (например, каменный и бурый уголь) [2].

Цель выпускной квалификационной работы: проанализировать сущность и особенности экологической проблемы светового загрязнения и выявить её проявления в пределах г. Саратова.

Новизна: автором был предложен полимасштабный подход к исследованию экологических аспектов светового загрязнения и разработана методика оценки городской среды путем зонирования территории в зависимости от степени создаваемого уличными фонарями свечения.

Задачи исследования:

- выявить особенности светового загрязнения и факторы, обуславливающие его;
- рассмотреть стандарты и нормативы по искусственному освещению в России и некоторых странах мира;
- провести зонирование г. Саратова по степени светового загрязнения;

- разработать методику фиксации интенсивности и равномерности искусственного освещения и провести ее апробацию на участке городской застройки в пос. Техстекло.

В работе использовались следующие методы исследования: анализа и синтеза, статистический, описательный, измерительный, картографический.

Структура и объем работы. Представленная работа включает введение, 3 раздела, заключение, список использованных источников из 64 наименований, 3 приложения. Общий объем написанного составил 89 листов.

Основное содержание работы.

1 «Динамика современного распространения светового загрязнения в странах мира. Экологические проблемы уличного освещения».

Эволюция искусственных источников света привела к тому, что по всему земному шару значительно выросла как площадь, так и объем пространства, занятого ими. Все это обуславливает проблему загрязнения ночного неба излишним светом, издаваемого от уличных фонарей, рекламных щитов, прожекторов или архитектурного освещения, что показано на рисунке 1.

Впервые такое понятие как световое загрязнение возникло в 1970-ых годах в странах Северной Америки и Западной Европы. Прежде всего, распространение этой проблемы в таких странах как США, Франция и Германия связано как с большой плотностью населения (например, в Германии она составляет 236 чел./км² на 2019 год), так и с развитостью местных экономик. По данным на 1996-1997 гг. более 99% населения США и стран Евросоюза, а также 2/3 населения Земли живут в районах, где уровень ночного неба превышает допустимый порог, который считается загрязненным (искусственная яркость превышает 10% от естественной на высоте более 45°) [14].



Рисунок 1 – Ночное освещение Земли, снимок сделан спутниками NASA, 2016 г. (составлено автором по [15])

Световое загрязнение, как правило, приурочено к крупным городам и мегаполисам мира (например, Сингапур, Шанхай, Лондон), что подтверждается рисунком 2.



Рисунок 2 – Ночное освещение Евразии, снимок сделан спутниками NASA, 2016 г. (составлено автором по [15])

Для оценки загрязнения искусственным освещением ночного неба проводить наземный мониторинг крайне нецелесообразно. Единственным практическим средством мониторинга за данным явлением является спутниковое дистанционное зондирование [2].

2 «Предпосылки светового загрязнения на территории Саратовской области». Для эффективной оценки искусственного освещения в Саратовской области вводится такой показатель как протяженность освещенных частей

улиц, проездов, набережных районов (единица измерения – километр). При пересчете данный параметр на душу населения как в административных районах, так и в крупных городах региона для удобства был переведен в метры [38].

Среди остальных субъектов, входящих в Приволжский федеральный округ (или ПФО), область занимает 6-ое место (3067,7 км) по протяженности освещенных частей улиц, проездов и набережных в пределах городов на 2020 год. При этом уступает таким регионам как Республика Татарстан (7091,7 км), Нижегородская область (5839,7 км), Башкортостан (5096,4 км), Самарская область (4454,0 км) и Пермский край (4284,1 км) [42].

На основе статистических данных были осуществлены расчеты протяженности освещенных частей улиц, проездов, набережных административных районов и городов Саратовской области на душу населения за 2007 и 2022 года. В зависимости от этого была проведена соответствующая типология полученных результатов, по итогам которой были созданы авторские карты с их последующим анализом.

Разработанная автором классификация относительной протяженности освещенных частей улиц, проездов, набережных в расчете на человека включает в себя следующие группы:

1. Очень высокая (свыше 12 м/чел.);
2. Высокая (от 9 до 12 м/чел.);
3. Средняя (от 6 до 9 м/чел.);
4. Низкая (от 3 до 6 м/чел.);
5. Очень низкая (менее 3 м/чел.).

Осуществив сравнительный анализ построенных карт, можно сказать, что обстановка с подушевым показателем на всей территории Саратовской области кардинально изменилась за рассматриваемый период.

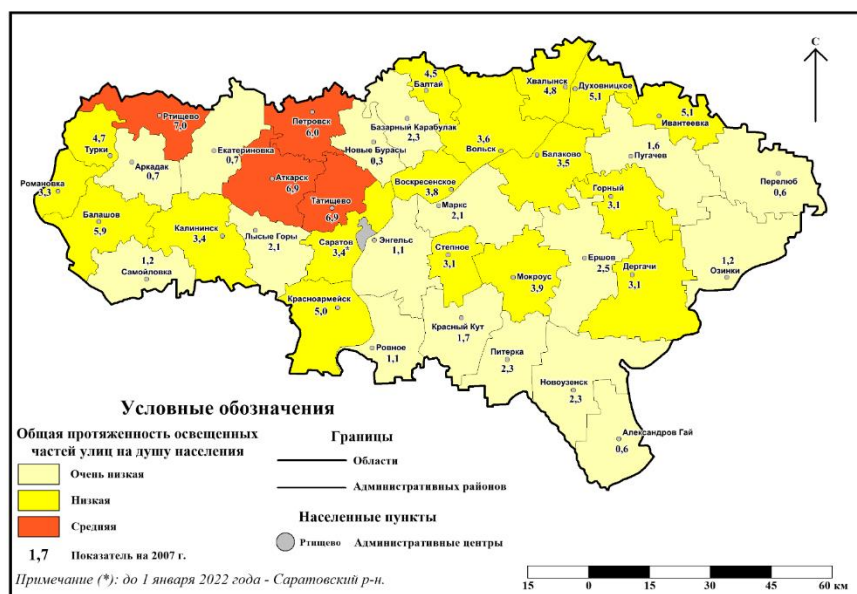


Рисунок 3 – Протяженность освещенных частей улиц на душу населения по административным районам Саратовской области, 2007 г. (составлено автором по [38, 42, 47])

Исходя из рисунка 3, в 2007 году административные районы имели следующее деление в зависимости от полученных данных:

1. Средняя (Ртищевский, Аткарский, Татищевский, Петровский р-ны) составляет 10,5% от доли всех районов; 2. Низкая (Романовский, Балашовский, Калининский, Турковский, Красноармейский, Гагаринский, Воскресенский, Вольский, Балтайский, Хвалынский, Духовницкий, Балаковский, Советский, Федоровский, Краснопартизанский, Дергачевский, Ивanteeвский р-ны), доля которой равнялась 44,7%;

3. Очень низкая (Аркадакский, Самойловский, Лысогорский, Екатериновский, Новобурасский, Базарно-Карабулакский, Энгельсский, Марковский, Ровенский, Краснокутский, Питерский, Пугачевский, Ершовский, Перелюбский, Озинский, Новоузенский, Александрово-Гайский р-ны), на которую приходится 55,2%.

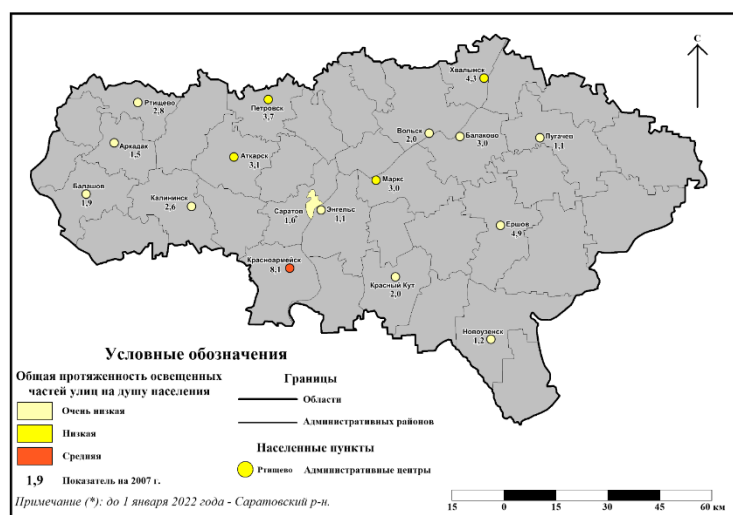


Рисунок 4 – Протяженность освещенных частей улиц на душу населения по городам Саратовской области, 2007 г. (составлено автором по [38, 42, 47])

Единственным городским населенным пунктом области, где подушевой показатель в 2007 году был средним, стал Красноармейск со значением 8,1 м/чел, что демонстрируется на рисунке 4. Остальные города относятся к группе с низкими Аткарск, Петровск, Маркс, Хвалынск) и очень низкими значениями (Балашов, Аркадак, Ртищево, Калининск, Саратов, Энгельс, Красный Кут, Вольск, Балаково, Пугачев, Ершов, Новоузенск), доля которых составляет 23,5% и 70,5% соответственно.

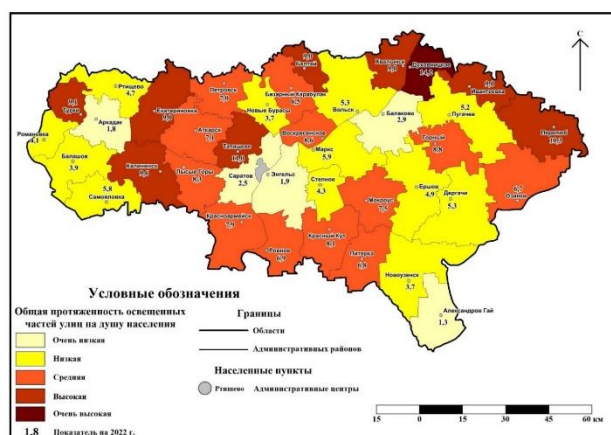


Рисунок 5 – Протяженность освещенных частей улиц на душу населения по административным районам Саратовской области, 2022 г. (составлено автором по [38, 42, 47])

В 2022 году структура деления административных районов Саратовской области, представленная на рисунке 5, в зависимости от подушевого показателя значительно усложнилась:

1. Очень высокая (Духовницкий р-н), её доля составляет 2,6%;
2. Высокая (Турковский, Екатериновский, Калининский, Татищевский, Балтайский, Хвалынский, Ивантеевский, Перелюбский р-ны), доля равна 21,0%;
3. Средняя (Петровский, Аткарский, Лысогорский, Красноармейский, Базарно-Карабулакский, Воскресенский, Ровенский, Краснокутский, Питерский, Федоровский, Краснопартизанский, Озинский р-ны) составляет 31,6% от доли всех районов;
4. Низкая (Романовский, Балашовский, Самойловский, Ртищевский, Новобурасский, Вольский, Марковский, Советский, Пугачевский, Ершовский, Дергачевский, Новоузенский р-ны), доля которой равнялась 31,6%;
5. Очень низкая (Аркадакский, Гагаринский, Энгельсский, Балаковский, Александрово-Гайский р-ны), на которую приходится 13,2%.

Красноармейск остался лидером среди остальных городов региона по подушевому показателю в 2022 году, относящемуся к группе с высокими значениями (9,5 м/чел.). Вместо него в средней группе оказался Красный Кут (6,2). Большая часть городских пунктов относится к группе либо с низкими значениями (Ртищево, Калининск, Аткарск, Петровск, Маркс, Хвалынский, Новоузенск), либо с очень низкими (Саратов, Энгельс, Балашов, Аркадак, Вольск, Балаково, Пугачев, Ершов) согласно рисунку 6. Долевая структура выглядит следующим образом: высокая – 5,9%; средняя – 5,9%; низкая – 41,2%; очень низкая – 47,0%. Из этого следует вывод, что доля городов с очень низкими значениями подушевого показателя за рассматриваемый период снизилась в 1,5 раза.

3 «Световое загрязнение как составляющая локальной экологической ситуации».

Для г. Саратова, как и для многих городов России, характерно явление «светового загрязнения», ведущего к самым разным экологическим проблемам: нарушению биологических ритмов местной фауны, перерасходу производимой электроэнергии, образованию парникового газа, изменению климата на данном участке [2, 19].

Для объективной оценки распространения явления «светового загрязнения» в г. Саратове вводится такой показатель как искусственная яркость, измеряемая в мкд/м². Суть параметра такова: чем меньше значение, тем лучше видимость и прозрачность ночного неба. На основе доступных данных автором были разработаны оригинальные карты, при помощи которых был осуществлен подробный анализ динамики развития экологической проблемы на территории Саратова за 2007 и 2022 года [14].

Опираясь на них, город был поделен в зависимости от указанной выше величины на следующие зоны, различающихся по степени светового загрязнения (составлено автором по [51]):

1. Благоприятная (искусственная яркость равна менее 0,5 мкд/м²);
2. Относительно благоприятная (от 0,5 до 0,75 мкд/м²);
3. Удовлетворительная (от 0,75 до 1,0 мкд/м²);
4. Напряженная (от 1,0 до 1,5 мкд/м²);
5. Критическая (от 1,5 до 3,0 мкд/м²);
6. Кризисная (свыше 3,0 мкд/м²).

Исходя из рисунка 7, территориальная структура г. Саратова по уровню светового загрязнения в 2007 году выглядела таким образом:

1. Благоприятная (северная часть Сокурского тракта, частично о-ва Дубовая Грива, Верблюды, весь о. Васюткин);
2. Относительно благоприятная (частично мкр. Нефтяников, Елшанка, Поливановка, 10-й Дачный, Комсомольский, Нефтяной, Увек);

3. Удовлетворительная (целиком мкр. ВСО, Техстекло, Солнечный и Солнечный-2, 3-й Дачный, Мирный, Иволгино, Затон, Воробьевка, Князевка, Радуга, Рокотовка, Есиповка);

4. Напряженная (полностью мкр. Улеши, Первомайский, Юриш, Стрелка, Завокзальный, СХИ, Октябрьское ущелье; отчасти Агафоновка, Соколовогорский, Северный, Юбилейный).

В 2022 году она основательно поменялась соответствующим образом: к районам с удовлетворительной экологической ситуацией причисляют о. Васюткин, а также фрагментарно Сокурский тракт, о-ва Дубовая Грива и о. Зеленый. Окрестности мкр. Елшанка, Нефтяников, Поливановка, 10-й Дачный, Иволгино, Нефтяной, Комсомольский; часть пос. Рокотовка, Есиповка, Агафоновка, Воробьевка, Увек относятся к зоне с напряженным влиянием светового загрязнения. Критическое положение занимают участки пос. Техстекло, ВСО, 3-й Дачный, Солнечный и Солнечный-2, Северный, Мирный, Юбилейный, СХИ, Стрелка, Завокзальный, Затон, Соколовогорский, Октябрьское ущелье, Первомайский, Улеши, Юриш, Агафоновка, Радуга, Князевка, где показатель искусственной яркости варьируется в диапазоне от 1,5 (район ВСО) до 3,0 мкд/м² (пос. Князевка).

Особого внимания заслуживают такие объекты как Саратовский цирк имени братьев Никитиных, Саратовский театр оперы и балета, Крытый рынок, Саратовский НПЗ, где параметр равен примерно 6 мкд/м², что привело к активному развитию кризисной обстановки вокруг этих сооружений.



Рисунок 9 – Схема натурного исследования уровня освещенности рассматриваемой площадки пос. Техстекло, проводимого с 15 по 16.07.2024 г. (составлено автором)

Уровень созданной яркости в отдельно взятых уголках пос. Техстекло может быть отличным от среднего, принимаемого за $2,8 \text{ мкд/м}^2$ (по данным на 2022 год). Для того чтобы подтвердить выдвинутую гипотезу, был избран типичный полигон в форме пятиугольной трапеции с соответствующими сторонами: ул. имени М.В. Ломоносова (450 м), совокупно ул. Зеркальная и имени В.И. Загороднева (410 м), просп. Строителей (420 м). Рассчитываемая площадь составила 9,5 га. В пределах геометрической фигуры помечались опорные точки полевого маршрута, приуроченных как к одиночным, так и к настенным фонарям жилых домов. Именно в них осуществлялись контрольные замеры в период с 15 по 16 июля 2024 г. при помощи ручного люксметра модели Smart Sensor Mini Digital Lux Meter. Основной единицей измерения выступал люкс (или лк), впоследствии преобразованный для удобства анализа в привычный мкд/м^2 [25, 43, 51, 61].

Полученные результаты были привлечены для построения карты полевого маршрута, представленной рисунком 9. На её основе можно сделать вывод о фиксации интенсивности искусственной яркости: наибольшие показатели отмечены в 13 и 28 точке, наименьшие – 14, 16, 18, 24, 25 точках.

Равномерность освещения выражается в амплитуде проведенных замеров во времени: максимальная характерна для 13 и 17 точки.

Заключение. В ходе проделанной работы автором были сделаны следующие выводы:

- искусственное освещение представляет собой комплексную социально-экологическую проблему: его можно использовать не только в качестве индикатора оценки городской среды, но и рассматривать как источник светового загрязнения, оказывающего всестороннее воздействие на живые организмы;

- в пределах Саратовской области за период с 2007 по 2022 гг. наблюдалась следующая динамика в протяженности освещенных частей улиц на душу населения среди районов и крупных городов региона: прирост наиболее выражен в Перелюбском, Екатериновском и Новобурасском районах. Сильнее всего убыль затронула Балашовский и Ртищевский муниципальные образования. Максимальное увеличение показателя характерно для Новоузенска, снижение для Ершова;

- в целом по Саратову за 2007-2022 гг. световое загрязнение существенно возросло, что особенно значимо для центральной части города (Саратовский цирк имени братьев Никитиных, Саратовский театр оперы и балета, Крытый рынок), прилегающей территории НПЗ;

- на основе авторской методики были произведены замеры на территории городской застройки пос. Техстекло по интенсивности искусственного освещения: наиболее благоприятная экологическая обстановка выявлена на улице 4-я Прокатная ($0,91 \text{ мкд/м}^2$), а наихудшая на проспекте Строителей ($1,01 \text{ мкд/м}^2$).