

СВЕТОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ» В МОСКВЕ

И. П. Таранец^{1, 2}

¹ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (музей землеведения), Москва, Россия

² Экоцентр «Воробьевы горы», Москва, Россия,
e-mail: irina.taranets@icloud.com

LIGHT POLLUTION IN THE NATURAL RESERVE “VOROBYOVY GORY” IN MOSCOW

I. P. Taranets

Аннотация. Определены типы «светового загрязнения» — световые купола и чрезмерное освещение — на территории природного заказника «Воробьевы горы», где выявлены различные типы фонарей (отдельно стоящие фонари с разным направлением светового потока; группы фонарей с направленным вниз светом; разнонаправленные разноцветные фонари). Показано, что в заказнике наблюдается сильная освещенность в вечернее и ночное время суток, превышающая уровень естественной освещенности от 12 до 68 раз, в зависимости от типа фонарей (0,3 лк, по международным стандартам). В статье отмечено, что в нашей стране не разработана нормативная база по уровню освещенности для особо охраняемых природных территорий и рекреационных зон. По результатам проведенного анкетирования посетителей заказника «Воробьевы горы» из 313 человек, только 22 % рассматривают разноцветную подсветку деревьев как представляющую экологическую опасность для природной экосистемы, что говорит о малой информированности о последствиях светового загрязнения.

Ключевые слова: особо охраняемая природная территория, природный заказник «Воробьевы горы», световое загрязнение

Abstract. The article defines types of light pollution: light domes and excessive lightning — on the territory of natural reserve “Vorobyovy gory”, where can be found different types of street lights (separately standig street lights with different light flow directions, groups of street lights with downward light, multi-directional multicolored street lights). It is shown that strong illumination is observed during evenings and night time, exceeding the level of natural illumination from 12 to 68 times, depending on the type of lamps (0,3 lux according to international standards). The article observes that our country has not developed a regulatory framework for the level of illumination

for natural reserves and recreational areas. The survey held among the visitors of the Vorobyovy Gory shows that only 22 % out of 313 people consider the multicolored illumination of trees as posing a threat to the natural ecosystem, which indicates a low awareness of the consequences of light pollution.

Keywords: specially protected natural area, Vorobyovy Gory Nature Reserve, light pollution

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) в городах сталкиваются с самыми разными антропогенными воздействиями — загрязнением воздушной, водной, почвенных сред, электромагнитным, шумовым загрязнением и др. В 90-х гг. XX в. появился новый тип загрязнения окружающей среды — «световое загрязнение» (Light pollution). С каждым годом оно увеличивается примерно на 6 % в год по всему миру, захватывая в том числе природные экосистемы, находящиеся в городской черте (Falchi F. et al., 2016). Сначала под «световым загрязнением» понимали только «свечение» в небе («астрономическое»), которое лишало человека способности видеть ночное небо. Сейчас термин «световое загрязнение», или «фотозагрязнение», приобрел более широкое значение. Согласно «ГОСТ 30772–2001. Межгосударственный стандарт. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения» (*введен 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 освещенности местности, в том числе и за счет использования источников искусственного освещения». Итак, «световое загрязнение» — это любое избыточное искусственное освещение в сумеречное и ночное время суток (URL: <https://starwalk.space/ru/news/light-pollution>). Это физическое загрязнение ОС. Иными словами — это хроническое или периодическое возрастание фотонных потоков от искусственных источников освещения, которое нарушает естественные режимы света и темноты в экосистемах.

Световое загрязнение снижает долю поляризованного света до 11 % вместо 70–80 % на «чистых» природных территориях (URL: <http://www.geogr.vsu.ru/NIR/Konferencii/tom%202/46.pdf>). Его влияние чаще всего отрицательно сказывается на функционировании природных экосистем и всего видового комплекса; распространяясь неконтролируемо, оно провоцирует нарушение циркадных ритмов у видов флоры и фауны, снижая биологическое

разнообразие видов, изменяя структуру сообществ и т. д., что приводит к снижению устойчивости экосистем (Longcore, Rich, 2004; Wiltshko et al., 2010; Horton et al., 2019). Прямое негативное влияние искусственного освещения на виды флоры, фауны и человека связано со световым загрязнением проезжей части дорог от 35 % до 50 % (избыточное рассеяние света, блики (ослепление) и засвечивание городского неба) (Shaflik, 1995). Источниками светового загрязнения также являются уличные фонари, транспортные магистрали, наружная реклама, торговые центры и подсветка фасадов зданий и т. д. Считается, что только 40 % света от обычных уличных светильников освещает то, что они должны освещать, 10 % представляет собой излишне яркий свет, а 50 % — не просто бесполезное, но и опасное световое загрязнение (Wiltshko et al., 2010). В связи с этим необходимы исследования последствий влияния светового загрязнения на природных территориях.

Цель работы — измерение уровня искусственного освещения в природном заказнике «Воробьевы горы» для определения его соответствия экологическим нормативам.

Природный заказник «Воробьевы горы» — это преобразованная особо охраняемая природная территория регионального значения Москвы в декабре 2024 г. в ООЗТ (особо охраняемая зеленая территория; Постановлению Правительства Москвы № 3160 от 27 декабря 2024 г.). Это территория находится недалеко от центра города и имеет вид узкой полосы вдоль р. Москвы на высоком правом берегу (1987 г. *объявлен памятником природы геологического характера с уникальными формами рельефа, обнажениями и родниками*; 1998 г. — *государственный природный заказник «Воробьевы горы» (постановление Правительства Москвы № 564 от 21.07.98 «О мерах по развитию территорий природного комплекса Москвы»*)). Заказник имеет очень важное природоохранное, рекреационное, эколого-просветительское и историко-культурное значение. Здесь сохранилась свойственная лесу структура и разнообразные виды травянистой растительности. Разработано и оборудовано три экологических тропы: «На склонах Воробьевых гор», «Андреевские пруды» и «На террасах Воробьевых гор». Флора и фауна заказника насчитывает более 400 видов растений и более 100 видов млекопитающих и птиц, некоторые виды занесены в Красную книгу Москвы (Бронникова и др., 2017; Таранец, Алексеева, 2022). Отметим, что до преобразования ООПТ в ООЗТ, еще в 2013 г. заказник был передан в безвозмездное пользование ЦПКиО «Парк Горького» по постановлению Правительства Москвы (от 1 июля 2013 г.

№ 423-III «Об оформлении земельно-имущественных отношений Государственному автономному учреждению культуры г. Москвы „Центральный парк культуры и отдыха имени М. Горького“ и о признании утратившими силу отдельных положений постановлений Правительства Москвы от 19 июня 2012 г. № 293-III»). Данные преобразования, особенно, Постановление Правительства Москвы № 3160 от 27 декабря 2024 г., когда все ООПТ регионального значения в Москве преобразованы в ООЗТ, допускает возможность строительства, реконструкции и другую хозяйственную деятельность, что может в целом повлиять отрицательно на природоохранную составляющую природных территорий, включая заказник «Воробьевы горы».

Кроме сильной рекреационной нагрузки на территорию заказника, загрязнения атмосферного воздуха, почв и водной среды в 2018 г. усилилось воздействие светового загрязнения, поскольку было установлено дополнительное освещение с меняющейся разноцветной подсветкой. На каждом фонаре укреплено 12 светодиодных прожекторов, направленных под углом 45°, освещающих кроны деревьев с постоянно меняющимися цветами. Площадь территории, покрытая опорами ландшафтного освещения, составляет 24 га, площадь освещенной территории, на которой уровень освещенности превышает фоновое значение, равна 40 га (URL: <http://intercarto.msu.ru/jour/data/s9/article1213.pdf>). При посещении территории заказника «Воробьевы горы» даже в дневное время, было обнаружено, что разноцветные разнонаправленные фонари, расположенные группами по 2–4 штуки на площади не более 81 м², светят в зимний и весенний периоды в течение всего дня без смены сезона освещения. Смена цвета фонарей по замеренным секундомером (приложение IOS) данным происходила каждые 2 секунды. При этом оборудование для световой инсталляции, выпускаемое под брендом «МОНАРК», позволяет удаленно управлять подсветкой, регулировать график ее работы и выбирать уровень и режим освещения (зимний/летний) (URL: <https://monark.su/solutions/landshaftnaya-podsvetka/>).

Измерения искусственного освещения на территории заказника «Воробьевы горы» проводились тремя люксметрами: люксметр ILM 1332A переносной прибор, используемый в полевых условиях; Photone — Grow Light Meter (приложение для IOS); Light Meter LM-3000 (приложение для IOS) по стандартной методике (прибор держится горизонтально, чтобы свет падал на датчик освещенности вертикально, расстояние от поверхности — 1 м, измерения проводятся под источником освещения) в 10 точках и фоновой точке (без освещения) в феврале 2024 г. (рис. 1, табл. 1). Каждая



Рис. 1. Точки для проведения измерений уровня освещенности на территории заказника «Воробьевы горы»

локация выбиралась с учетом особенностей ее местоположения. В марте 2024 г. было проведено анкетирование посетителей заказника «Воробьевы горы». Всего было опрошено 313 человек. Анкета включала в себя следующие вопросы: возраст (использовалась классификация возрастов, принятая ВОЗ (Akhmet Dyussenbayev, 2017); место жительства (Москва/иные города); посещение заказника после установки подсветки (впервые/нет); была ли цель специально посмотреть на подсветку (да/нет); эмоции, испытываемые от разноцветного освещения (нравится/не нравится); понимают ли посетители, что находятся на территории ООПТ (да/нет); представляет ли с точки зрения посетителей разноцветное освещение экологическую опасность (да/нет). Последний вопрос был для нас особенно важен с природоохранной точки зрения.

При проведении измерений искусственной освещенности на территории заказника «Воробьевы горы» были определены различные типы фонарей: отдельно стоящие фонари с разным направлением светового потока; группы фонарей с направленным вниз светом; разнонаправленные разноцветные фонари.

Согласно классификации светового загрязнения (URL: <https://www.trudohrana.ru/article/104300-23-m3-svetovoe-zagryaznenie-okrujayushchey-sredy>) в заказнике выделены следующие его типы: световые купола / нарушение освещения (группы фонарей около эскалаторной галереи и на второй экологической тропе), при котором свет проникает далеко за границы территории, необходимой для освещения; чрезмерное освещение (группы разноцветных разнонаправленных фонарей).

**Таблица 1. Точки проведения измерений
на территории ООПТ «Воробьевы горы»**

№ точки	Координаты	Особенности точки измерения	N	Тип светильников	Направленность и цвет освещения
T1	55°42'28»N 37°33'13»E	Экологическая тропа «На склонах Воробьевых гор» (широколиственный лес)	1	Светодиодный	Вниз, белый
T2	55°42'29»N 37°33'14»E	Площадка около эскалаторной галереи (широколиственный лес)	6	Светодиодный	Вниз, белый
T2-3	55°42'30»N 37°33'15»E	Нижний ярус экологической тропы «На склонах Воробьевых гор» (широколиственный лес)	1	Светодиодный	Вниз, белый
T3	55°42'32»N 37°33'11»E	Спуск к Москве-реке напротив стадиона Лужники — разноцветное освещение (широколиственный лес)	12	Светодиодный	Вверх, 7 цветов
T4	55°42'32»N 37°33'25»E	Метромост (молодой лес + подрост)	2	Лампа накаливания	В разные стороны, желтый
T5	55°42'34»N 37°33'25»E	Верхняя набережная (молодой лес + подрост)	2	Светодиодный	Вниз высокий фонарь, вверх — низкий, белый
T6	55°42'36»N 37°33'15»E	Набережная (деревьев нет)	1	Светодиодный	Вниз, белый
T7	55°42'34»N 37°33'52»E	Нижний ярус экологической тропы «На террасах Воробьевых гор» (широколиственный лес)	12	Светодиодный	Вверх, 7 цветов
T7-8	55°42'34»N 37°33'52»E	Подъем от нижней набережной (широколиственный лес)	2	Светодиодный	Вниз, белый
T8	55°42'33»N 37°35'56»E	Средний ярус экологической тропы «На террасах Воробьевых гор» (широколиственный лес)	3	Светодиодный	Вниз, белый
T9	55°42'30»N 37°33'53»E	Фоновая точка (широколиственный лес)	0	—	—
Примечания: N — количество светильников в зоне измерения; «—» — фонарей нет.					

Согласно проведенному анализу нормативной базы было установлено, что нормы освещения ООПТ (рекреационных зон) в настоящее время в российском законодательстве не разработаны. В связи с этим необходимо руководствоваться нормативом «СП 52.13330.2011. Свод правил. Естественное и искусственное освещение» (СП 52.13330.2016. Свод правил. СНиП 23-05-95 (с изменениями на 28.12.2021)). Однако там выделены только объекты П6 (боковые аллеи и вспомогательные входы парков административных округов), для которых среднее значение уровня освещенности не должно быть меньше 1лк (СП 52.13330.2016. Свод правил. СНиП 23-05-95 (с изменениями на 28.12.2021)). Это означает, что в нормативе учитывается только минимальные требования к освещенности, а ООПТ и другие рекреационные природные территории не обозначены.

При проведении замеров освещенности в нескольких местах были зафиксированы минимальные значения из-за неисправности освещения. Это Т1 (экологическая тропа 0,06 лк) и Т9 (фоновая точка 0,07 лк) — широколиственный лес. Средние значения в точках Т4 и Т5 (вне природной зоны / рядом с лесом) составляло около 3,7 и 5 лк). Максимальные значения данных были характерны для больших скоплений фонарей, а именно Т2 (площадка около эскалаторной галереи 16,2 лк), Т3 и Т7 (разноцветные разнонаправленные фонари около 20 лк) (табл. 2). У разноцветных разнонаправленных фонарей освещенность по спектрам меняется незначительно, но выше международных нормативов (табл. 3).

ТАБЛИЦА 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЯ ОСВЕЩЕННОСТИ

Точки освещения	Среднее значение данных по освещен- ности, лк	Точки освещения	Среднее значение данных по освещен- ности, лк
T1	0,06	T6	13,4
T2	16,2	T7	20,3
T3	19,8	T8	6,3
T4	3,7	T9 природная зона	0,07
T5	5		

**ТАБЛИЦА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЯ ОСВЕЩЕННОСТИ
РАЗНОНАПРАВЛЕННЫХ ЦВЕТНЫХ ФОНАРЕЙ
НА ТЕРРИТОРИИ ЗАКАЗНИКА «ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ»**

Снежный покров	Зеле- ный	Голу- бой	Фиоле- товый	Розо- вый	Оранже- вый	Жел- тый
Средняя освещенность точки (люкс)	15,3	15,9	17,1	16,6	18,5	16,9

Но какая может быть допустимая максимальная освещенность по международным стандартам на природных территориях? Распределение зон по уровню освещенности было разработано Международной комиссией по освещению (CIE) (URL: http://www.cie.co.at/index_ie.html) и впервые появилось в США в нормативе IES RP-33-99 «Рекомендации по наружному освещению» (URL: https://cltc.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk12206/files/media/documents/2010_DOE_FEMP_Exterior_Lighting_Guide.pdf). Зоны освещения (LZ) отражают базовый (или окружающий) уровень освещенности, необходимый для территории. Зоны освещения CIE соответствуют зонам окружающей среды в интерпретации Международной ассоциации темного неба (Technical Report CIE 150:2017). На данный момент Международная ассоциация темного неба (URL: <https://starwalk.space/ru/news/light-pollution>) рекомендует использовать пять зон наружного освещения (зона 0 (LZ0/E0) — естественно-темная; зона 1 (LZ1/E1) — низкая яркость; зона 2 (LZ2/E2) — умеренная яркость; зона 3 (LZ3/E3) — средняя яркость; зона 4 (LZ4/E4) — высокая яркость). Национальная команда по ночному небу Службы национальных парков (The National Park Service National Night Skies Team) предлагает две дополнительные ограничительные зоны для всех национальных парков: LZ-00 — освещение в целом нежелательно, но может быть разрешено для конкретных целей и NDZ зону, в которой постоянное освещение запрещено. Если руководствоваться Международными стандартами об ограничительных зонах, то на территории заказника «Воробьевы горы» в целях сохранения биоразнообразия необходимо в его природной части соблюдать режимы освещения LZ-00 и NDZ, т. е. режимы естественной освещенности (URL: <https://starwalk.space/ru/news/light-pollution>). При этом естественная освещенность в ночное время при полной луне и безоблачном небе составляет 0,1–0,2 лк, а при суперлунии, когда Луна находится в своем перигее (на максимально близком к Земле расстоянии), освещенность может достигать 0,3 лк. По результатам проведенных измерений уровня освещенности для всех фонарей/групп фонарей, установленных в природной части заказника «Воробьевы горы», наблюдается превышение уровня естественной освещенности 12 до 68 раз (от 3,7 до 20,3 лк).

Опрос 313 посетителей заказника «Воробьевы горы» показал, что из всего количества опрошенных посетителей заказника, жители Москвы составляли 57 %. Впервые, после установки разноцветного освещения, заказник посетили 45 %, при этом 43 % опрошенных посетителей приехали в заказник специально по-

смотреть на разноцветное освещение, и только 22 % из них осведомлены о том, что находятся на ООПТ. По полученным данным разноцветное освещение в первые минуты нравится и даже вызывает восторг у 59 % посетителей, однако ощущение восторга от постоянной смены цветовой гаммы у большинства исчезает на третьей минуте. Среди опрошенных посетителей заказника 98 % чувствуют себя комфортнее при постоянной освещенности, без ярких вспышек, а жители улицы Косыгина (18 человек), сообщали о неприятных, раздражающих ощущениях, которые возникают у них от постоянно включенного с меняющейся цветовой гаммой освещения. Только 22 % из всех опрошенных посетителей заказника рассматривают разноцветную подсветку деревьев как представляющую экологическую опасность для флоры и фауны Воробьевых гор. Интересно, что осознавали экологическую опасность от разноцветной подсветки только молодые посетители (от 25 до 44 лет) жители других городов. В работе Т. М. Красовской, Л. Е. Лукьянова (2023) были получены похожие данные опроса посетителей Воробьевых гор (128 человек). Показано, что 55 % опрошенных нравилось вечернее освещение, 68 % респондентов не знали о негативном воздействии искусственного освещения на природную среду. Однако в работе отмечалось, что 72 % респондентов считали, что яркое искусственное освещение заказника искажает природную территорию (URL: <http://www.geogr.vsu.ru/NIR/Konferencii/tom%202/46.pdf>).

Таким образом, согласно анализу литературных и нормативных источников можно констатировать, что в России не разработаны нормативы по уровню освещенности для территорий ООПТ и рекреационных зон. Природная территория заказника «Воробьевы горы» по международным стандартам может быть отнесена к зонам E0 и E1 (естественно-темная зона и зона низкой яркости) (URL: <https://darksky.org/resources/guides-and-how-tos/lighting-zones/>), но в настоящее время в заказнике наблюдается чрезмерная освещенность в вечернее и ночное время суток, превышающая уровень естественной освещенности (0,3 лк) от 12 до 68 раз. По результатам проведенного анкетирования посетителей заказника «Воробьевы горы» (313 человек), только 22 % из них рассматривают разноцветную подсветку деревьев как представляющую экологическую опасность для природной экосистемы, что говорит о малой информированности о последствиях светового загрязнения.

В качестве рекомендаций по уменьшению светового воздействия на природный заказник «Воробьевы горы» можно предложить приборы регулирования интенсивности светового излучения

в разные сезонные и временные периоды. Освещение должно осуществляться путем четкого функционального зонирования природной территории и сохранения допустимого уровня ее освещенности не более 0,3 лк в сумеречное и ночное время. На природной территории также рекомендуется использовать болларды и акцентные светильники с датчиками времени работы и движения, принцип комендантского часа, который позволяет регулировать режим работы декоративного наружного освещения. Рекомендуется рассмотреть вопрос установки вдоль настилов на природной территории заказника «Воробьевы горы» красного уличного освещения, что поможет снизить влияние чрезмерного искусственного освещения на птиц. Такой проект успешно реализуется в Дании.

В связи с тем, что на природных и ООПТ используется искусственное освещение в сумеречное и ночное время суток, необходимо проведение детальных исследований по влиянию светового загрязнения на экосистемы и внесение поправок в соответствующее законодательство РФ по организации освещения на природоохраненных территориях.

Благодарность. Автор выражает огромную благодарность Д. А. Наумкину (учащемуся АНО ОШ ЦПМ), принимавшему самое непосредственное участие в сборе, обработке материала работы.

ЛИТЕРАТУРА

- Бронникова В. К., Кадетов Н. Г., Губанов М. Н. и др. Природный заказник «Воробьевы горы» // Экологический атлас России. М.: ООО «Феория», 2017. С. 470–473.
- Красовская Т. М., Лукьянов Л. Е. Эстетические инновации в парковых зонах городов: PRO ET CONTRA // XIV Международная ландшафтная конференция, VII Мильковские чтения, 17–21 мая 2023 г. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.geogr.vsu.ru/NIR/Konferencii/tom%202/46.pdf>.
- Ландшафтная подсветка. [Электронный ресурс] // URL: <https://monark.su/solutions/landshaftnaya-podsvetka/>.
- Лукьянов Л. Е., Красовская Т. М. Изучение светового загрязнения окружающей среды на разных масштабных уровнях. [Электронный ресурс] // URL: https://www.researchgate.net/publication/358462191_Study_of_light_pollution_at_different_scale_levels.
- Лукьянов Л. Е., Маркова О. И. Картографирование антропогенных нарушений на территории природного заказника «Воробьевы горы» (г. Москва) // Городская экология и планирование. [Электронный ресурс] // URL: <http://intercarto.msu.ru/jour/data/s9/article1213.pdf>.
- Любичкая А. В. Световое загрязнение окружающей среды. Система экология. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.trudohrana.ru/article/104300-23-m3-svetovoe-zagryaznenie-okrujayushchey-sredy>.

- Международная ассоциация темного неба. [Электронный ресурс] // URL: <https://darksky.org>.
- Световое загрязнение: небо без звезд (астрономический канал). [Электронный ресурс] // URL: <https://starwalk.space/ru/news/light-pollution>.
- СП 52.13330.2016. Свод правил. «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 (с изменениями на 28.12.2021). [Электронный ресурс] // URL: https://www.mos.ru/upload/documents/files/7178/SP52133302016EstestvennoeiiskysstvennoeosveshenieAktualizirovannayaredakciyaSNiP23-05-95_Tekst.pdf.
- Таранец И. П., Алексеева В. А. Охрана природы на Воробьевых горах: прошлое и настоящее // Жизнь Земли. 2022. Т. 44. № 3. С. 319–333.
- Akhmet Dyussenbayev. Age Periods Of Human Life // Advances in Social Sciences Research Journal. 2017. Vol. 4. No 6. Accessed at: <https://journals.scholarpublishing.org/index.php/ASSRJ/article/view/2924>.
- EXTERIOR LIGHTING GUIDE. California Lighting Technology Center, UC Davis credit. Kathreen Fontecha. Accessed at: https://cltc.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk12206/files/media/documents/2010_DOE_FEMP_Exterior_Lighting_Guide.pdf.
- Falchi F., Cinzano P-A., Duriscoe D. et al. The new world atlas of artificial night sky brightness. Science Advances. 2016. No 2 (6). P. 1–25.
- Horton K. G., Nilsson C., Van Doren B. M. et al. Bright lights in the big cities: migratory birds' exposure to artificial light // Frontiers in Ecology and the Environment. 2019.
- International Commission on Illumination. Accessed at: http://www.cie.co.at/index_ie.html.
- Lighting zones. Accessed at: <https://darksky.org/resources/guides-and-how-tos/lighting-zones/>.
- Longcore T. and Rich C. Ecological light pollution // Front. Ecol. Environ. 2004. No 2 (4). P. 191–198.
- Shaflik C. Light pollution. Environmental effects of roadway lighting // University of British Columbia. Department of Civil Engineering. 1995. Accessed at: <http://shaflik.com/documents/LIGHT%20POLLUTION%20TECHNICAL%20PAPER.pdf>.
- Wiltschko R., Stapput K., Thalau P., Wiltschko W. Directional orientation of birds by the magnetic field under different light conditions // Journal of The Royal Society Interface. 2010. No 7. P. 163–177.