

СВЕТЛИННОТО ЗАМЪРСЯВАНЕ.
СВЕТЛИННАТА И ЕНЕРГИЙНАТА КУЛТУРА НА ОСВЕТЛЕНИЕТО И
СВЕТЛИННИЯ ДИЗАЙН

LIGHT POLLUTION.
LIGHT AND ENERGY CULTURE OF LIGHTING AND LIGHTING DESIGN

Д-р Теодор Кючуков
Русенски университет „Ангел Кънчев“
E-mail: tkyuchukov@uni-ruse.bg
www.dorteo.com

Abstract:

The Quantification of the impact of light pollution is presented by a 10 point scale (incl. 5 impact groups and 11 impact subgroups). It is proposed to evaluate the light pollution by 3 systems of outdoor lighting systems: street, architectural and advertising lighting. The energy aspect of light pollution is represented by: obtrusive light (directed and reflected to the sky); energy losses by obtrusive light; carbon dioxide emission. Light pollution is evaluated on the basis of the actual amount of energy used for outdoor artificial lighting.

A methodological approach for the management of light pollution has been developed.

Key words: *Light pollution; Light; Lighting; Luminaire; Environment; Obtrusive light, Directed and reflected light, Street lighting; Architectural lighting; Advertising lighting, Methodological approach; Management of light pollution.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Светлината предполага преди всичко демократичност с равен достъп, без ограничения за всички индивиди, като осветлението по количество и качество има за цел да осигурява адекватно качество на живота [1,2]. Налице е незадоволителна енергийна и светлотехническа култура в много структури, имащи отношение към управление на процесите в областта на осветлението. За момента, в редица случаи, философията се свежда до приемането, че електрическата енергия е продукт с общ свободен, неограничен и неконтролиран достъп.

Светлинното замърсяване е сравнително нов феномен и още не се свързва с климатичните промени. В същото време ограничаването на светлинното замърсяване намира място в редица актове от глобалното, европейското и националното нормиране [3,4,5]. Нивото на интелектуално развитие в употребата на изкуственото осветление диктува курса на развитие на човешката цивилизация.

Папа Франциск оценява, че световната технико-икономическа система, основана на „Култура на разхищението“, поставя в основата си продуктите, а не хората. Папата отбелязва, че човешката екология и екологията на околната среда трябва да вървят заедно и призовава за „Край на културата на разхищението“ (Великденско послание „Urbi et orbi“ („Към града и към света“) на папа Франциск, 01.04.2018 г.)

Светлинното замърсяване е на вниманието на националната общност на енергетиците, светлотехниците и светлинните дизайнери.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Въздействия на светлинното замърсяване

Външното осветление, което се използва през тъмната част от денонощието (особено ако е предозирано, динамично, неправилно управлявано и насочено, с неадекватен цвят на светлината) води до отрицателно (вредно и дори опасно) въздействие от нарушени функции, условия и дейности. Източници на светлинно замърсяване са [6,7,8]: външни естествени светлинни източници; външно изкуствено осветление (улично, архитектурно-художествено, рекламно-информационно, транспортно, на открити обекти и площи, друго); външно празнично осветление; вътрешно осветление, излъчващо светлина навън от помещенията).

В същото време разпиляната светлина оказва вредно въздействие върху [6,7,8]: живата природа (биологичен ритъм на хора, животни, растения); пътната безопасност; безопасността на въздушното движение; астрономическите наблюдения; комфорта на външната среда (нахлуваща светлина); туристическа дейност; други.

Въздействията от светлинното замърсяване са разнообразни и имат специфични последствия. Те се класифицират по 14 класификационни критерии, систематизирани на блоковата схема на фиг. 1 в три групи на въздействия [9]. Тази систематизация позволява да се оценят характерът и тежестта на въздействията на светлинното замърсяване.



Фиг. 1. Класификация на въздействията на светлинното замърсяване

Система за количествена бална оценка на въздействието на светлинното замърсяване

В табл. 1 е представена систематизация по 10-бална оценъчна скала за въздействието на светлинното замърсяване [4,9]. Систематизацията е по въздействията на светлинното замърсяване според предизвиканите последствия.

Системата съдържа:

- „Групи въздействия“ - 5 групи според степента на светлинното замърсяване, формирани по възходяща степен на отрицателните въздействия;
- „Подгрупи въздействия“ – 11 подгрупи, формирани подсистемно според съдържанието на въздействието на светлинното замърсяване.

Оценката се базира на: наличие и характеристика на светлинните системи; характеристика на светлинните въздействия (специфика, времево развитие, структура - съгласно фиг. 1); тенденции за развитие; превенция.

Група „0“. Отнася се за места, абсолютно незасегнати от изкуствената светлина и намиращи се на голямо разстояние от източници на светлинно замърсяване. Целта е абсолютна недопустимост на нарушаването на тази даденост.

Група „1“. Отнася се за места със слаби отрицателни въздействия. Това са места, където по стечение на обстоятелствата се е формирало макар и слабо, но недопустимо светлинно замърсяване, което следва да се ликвидира безусловно и незабавно. Такива са напр. природни резервати с уникални животински и растителни видове, които с времето са придобили изкуствено осветление за осигуряване на облекчен достъп на хората, но с това им се нанасят непоправими щети.

Група „2“. Обхваща средните отрицателни въздействия на светлинното замърсяване, които е препоръчително да бъдат избягнати напр. чрез прилагане на добри светлотехнически практики.

Група „3“ е за силните отрицателни въздействия, които следва да бъдат ограничавани чрез смекчаващи или компенсаторни мерки, но при спазване на нормените показатели на съответните осветителни уредби.

Група „4“ се отнася за опасни отрицателни въздействия и изисква мерки за премахване на тези въздействия чрез радикални мерки.

Специфицирани са подходи при управление на въздействието на светлинно замърсяване. Предложената система може да се приложи за оценка на светлинното замърсяване, както на съществуващи, така и на предстоящи за реализация светлинни системи.

Оценка на светлинното замърсяване, създавано от системи за външно изкуствено осветление

По систематизацията на количествената бална оценка на въздействието на светлинното замърсяване (табл.1) е направена препоръчителна оценка на светлинното замърсяване от различни външни светлинни системи и ситуации и при различни условия. В случая са оценени следните системи за външно изкуствено осветление:

- улично осветление (табл. 2);
- архитектурно-художествено осветление (табл. 3);
- рекламно осветление (табл. 4).

Таблица 1 Систематизация на въздействието на светлиното замърсяване

БАЛНА ОЦЕНКА НА ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА СВЕТЛИНОТО ЗАМЪРСЯВАНЕ

Светлинни въздействия	Група въздействия
1	2
Няма съществуващи светлинни системи.	0 Няма въздействия
Незначителни въздействия. Тенденция за запазване или намаляване на светлинните въздействия.	1 Слаби въздействия
Инцидентни въздействия. Тенденция за запазване или намаляване на появата на светлинните въздействия.	
Краткосрочни въздействия. Регулярни въздействия. Тенденция за запазване или намаляване на продължителността и появата на светлинните въздействия.	
Вторични, среднотрайни въздействия.	2 Средни въздействия
Кумулативни, среднотрайни въздействия.	
Синергични, среднотрайни въздействия.	
Комбинирани (вторични + кумулативни + синергични) въздействия – дълготрайни, постоянни, необратими.	3 Силни въздействия
Значителни вторични, кумулативни и синергични въздействия – дълготрайни, постоянни, необратими.	
Значителни дълготрайни, постоянни и необратими въздействия: засягане на значителни зони и територии (в т.ч. със специални екологични изисквания); засягане на много хора; трансгранично пренасяне и т.н.	
Необратими, постоянно действащи въздействия.	4 Опасни въздействия

Подгрупа въздействия	Оценка, бал	Специфични мерки за светлинни организация и управление
3	4	5
0-1	0	Преценка доколко е допустимо в бъдеще да се прилага изкуствено осветление (artificial lighting).
1-1	1	Само превенция за запазване на съществуващото състояние.
1-2	2	Контрол върху характера и тежестта на инцидентните светлинни въздействия.
1-3	3	Превенция за недопускане на бъдещо развитие и преминаване към по-висока група и подгрупа.
2-1	4	Контрол и прилагане на смекчаващи и компенсационни мерки.
2-2	5	Контрол и прилагане на смекчаващи и компенсационни мерки.
2-3	6	Контрол и прилагане на смекчаващи и компенсационни мерки.
3-1	7	Контрол и прилагане на специални ефективно смекчаващи и компенсационни мерки. Превенция на бъдещо увеличаване.
3-2	8	Контрол и прилагане на специални ефективни смекчаващи и компенсационни мерки. Превенция на бъдещо увеличаване.
3-3	9	Контрол и прилагане на специални ефективно смекчаващи и компенсационни мерки. Превенция на бъдещо увеличаване.
4-1	10	Ликвидационни мерки или задължителни мерки за попадане в по-ниска група/подгрупа. Мерки на обществено въздействие.

Енергиен аспект на светлинното замърсяване

Външното изкуствено осветление (в т.ч. уличното и архитектурно-художественото осветление) е един от основните източници на светлинно замърсяване

Стойностите на енергийно-икономическите показатели, свързани със светлинното замърсяване от излъчването на светлина към небосвода от уличното и архитектурно-художественото осветление в България, са определени на базата на представителна експертиза [10], данни от националната статистика [10], нормиране на стойността на екологичния еквивалент на електрическата енергия [12] и на собствена информация. Оценката е по потребената електрическа енергия от системите за външно изкуствено осветление. Уличното осветление и архитектурно-художественото осветление ангажират, съответно 1.62 % и 0.27 % от общото годишно електропотребление в Република България. Тази реално потребена електрическа енергия осветителите от системите за външно изкуствено осветление генерира реално излъчения светлинен поток от тези осветители.

В табл. 5 са представени стойностите на показатели, характеризиращи светлинното замърсяване от външното изкуствено осветление (улично осветление и архитектурно-художественото осветление) в Република България.

Относителното годишно количество светлина, излъчено към небосвода (директно насочено към небосвода & отразено) от уличното и архитектурно-художественото осветление, на един жител на Република България, е $q_{\text{жител-РБ}} = 1.643 \text{ Mlm.h/жител}$.

Обяснението на това голямо разпиляване на светлина се състои основно в:

- приложение на осветители с неадекватни светлоразпределение и позициониране;
- наличие на много селища със силно редуцирано население, но със сравнително голяма улична осветителна мрежа.

Масово се прилагат кълбовите неекранирани осветители, които са с равномерно разпределен светлинен поток в горната и долната полусфера, като е практически са без светлоразпределение.

Таблица 2 Примерна оценка на светлинното замърсяване от уличното осветление

ОЦЕНКА – ВЪНШНА СВЕТИННА СРЕДА. УЛИЧНО ОСВЕТЛЕНИЕ	
0	Без улично осветление. Евентуално само със светлинно маркиране на пътните и пешеходните зони.
1	Много добре проектирана осветителна уредба с много малка яркост.

2	Преносимо временно осветление (напр. на улични или пътни участъци в ремонт).
3	Празнично или сезонно улично осветление
4	Проникване на светлина от уличното осветление през прозорците или в частен имот.
5	Кумулиране на светлинното въздействие на няколко светлинни системи (към нормалното улично осветление се добавя въздействието на други външни светлинни системи – празнично, архитектурно-художествено, рекламно осветление, светлини от превозни средства и др.).
6	Едновременно въздействие на няколко външни светлинни системи (улично, архитектурно-художествено, рекламно и др. осветление), при което общият ефект на въздействие превъзхожда поотделното въздействие на светлинните системи - светлина се разпилява към небосвода, околното пространство, частна собственост, прониква през прозорците.
7	Улично осветление с комбинирано въздействие при едновременно наличие на вторични, кумулативни и синергични въздействие (по горните три реда) и разпиляване на светлина към небосвода, околното пространство, частна собственост, прониква през прозорците.
8	Предозирано улично осветление, със самостоятелно отрицателно въздействие или в комбинирано наличие на вторични, кумулативни и синергични въздействие. Светлина се разпилява светлина към небосвода, околното пространство, частна собственост, прониква през прозорците.неограничено. Въздействието обхваща големи райони и големи маси от хора.
9	Силно предозирано улично осветление на голям брой улици в големи райони с голям брой обитатели. Съвместно действие на уличното осветление с други външни светлинни системи (архитектурно и рекламно осветление, осветени витрини, попадане на светлините на автомобилните фарове в обхвата на прозорците и др. Неконтролирано излъчване на свътлина към светлина към небосвода, околното пространство, частна собственост, проникване на светлина през прозорците. Нарушаване на нормалния ритъм „ден/нощ“ на голям брой хора, на големи райони и площи.Няма преспектива за бъдеща промяна на светлинния режим и за намаляване на значителното отрицателно въздействие.
10	Улица, път, пътека в специален или природозащитен обект, в който изкуствената светлина създава недопустимо и опасно (необратимо вредно въздействие върху естествените обитатели.

Таблица 3 Примерна оценка на светлинното замърсяване от архитектурно-художествено осветление

ОЦЕНКА – ВЪНШНА СВЕТИННА СРЕДА. АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕНО ОСВЕТЛЕНИЕ	
0	Без архитектурно-художествено осветление. Само със собствено-то вътрешно осветление на обекта и евентуално уличното осветление.
1	Много добре проектирано и дозирано архитектурно-художествено осветление (с много малка яркост, напр. светлинно кантиране на сградата).
2	Преносимо временно осветление на сградата (напр. по време на ремонт).
3	Празнично или сезонно архитектурно-художествено осветление.
4	Проникване на светлина от архитектурно-художественото осветление вътре в помещенията на сградата или в околни частни имоти.
5	Кумулиране на светлинното въздействие на няколко светлинни системи (към архитектурно-художественото осветление се добавя въздействието на други външни светлинни системи – празнично, улично, рекламно осветление, светлини от превозни средства и др.).
6	Едновременно въздействие на няколко външни светлинни системи (улично, архитектурно-художествено, рекламно и др. осветление), при което общият ефект на въздействие превъзхожда поотделното въздействие на светлинните системи - светлина се разпилява към небосвода, околното пространство, частна собственост, прониква през прозорците.
7	Архитектурно-художествено осветление с комбинирано въздействие при едновременно наличие на вторични, кумулативни и синергични въздействие (по горните три реда) и разпиляване на светлина към небосвода, околното пространство, частна собственост, прониква през прозорците.
8	Предозирано архитектурно-художествено осветление на голям брой сгради, със самостоятелно отрицателно въздействие (в т.ч. с динамична и цветна светлина) или в комбинирано наличие на вторични, кумулативни и синергични въздействие. Светлина се разпилява светлина към небосвода, околното пространство, частна собственост, прониква през прозорците.неограничено. Въздействието обхваща големи райони и големи маси от хора.

9	<p>Силно предозирано архитектурно-художествено осветление на голям брой сгради в големи райони с голям брой обитатели, в т.ч. с динамични и цветни светлинни ефекти. Съвместно действие на архитектурното осветление с други външни светлинни системи (улично и рекламно осветление, осветени витрини, светлинни ефекти, попадане на светлините на автомобилните фарове в обхвата на прозорците и др. Неконтролирано излъчване на светлина към светлина към небосвода, околното пространство, частна собственост, проникване на светлина през прозорците. Нарушаване на нормалния ритъм „ден/нощ“ на голям брой хора, на големи райони и площи. Няма перспектива за бъдеща промяна на светлинния режим и за намаляване на значителното отрицателно въздействие.</p>
10	<p>Осветление на сгради пътека в специален или природозащитен обект, в който изкуствената светлина създава недопустимо и опасно (необратимо вредно) въздействие върху естествените обитатели.</p>

Таблица 4 Примерна оценка на светлинното замърсяване от рекламно осветление

ОЦЕНКА – ВЪНШНА СВЕТИЛНА СРЕДА. РЕКЛАМНО ОСВЕТЛЕНИЕ	
0	<p>Рекламно средство без собствена светлинна система. Въздейства само през светлата част от денонощието, а през тъмната част се възприема само под въздействието на уличното осветление или на светлините на превозните средства.</p>
1	<p>Рекламно светлинно средство с много малка яркост.</p>
2	<p>Преносимо временно осветление (напр. по време на монтажа на рекламното средство).</p>
3	<p>Празнично или сезонно светлинно рекламно средство.</p>
4	<p>Проникване на светлина от рекламното осветление в околни сгради или частни имоти.</p>
5	<p>Кумулиране на светлинното въздействие на няколко светлинни системи (към рекламното осветление се добавя въздействието на други външни светлинни системи – празнично, архитектурно-художествено, улично осветление, светлини от превозни средства и др.).</p>

6	Едновременно въздействие на няколко външни светлинни системи (улично, архитектурно-художествено, рекламно и др. осветление), при което общият ефект на въздействие превъзхожда поотделното въздействие на светлинните системи - светлина се разпилява към небосвода, околното пространство, частна собственост, прониква през прозорците.
7	Рекламно осветление с комбинирано въздействие при едновременно наличие на вторични, кумулативни и синергични въздействия (по горните три реда) и разпиляване на светлина към небосвода, околното пространство, частна собственост, прониква през прозорците.
8	Предозирано рекламно осветление на голям брой обекти, със самостоятелно отрицателно въздействие (в т.ч. с динамична и цветна светлина) или в комбинирано наличие на вторични, кумулативни и синергични въздействия. Светлина се разпилява светлина към небосвода, околното пространство, частна собственост, прониква през прозорците.неограничено. Въздействието обхваща големи райони и големи маси от хора.
9	Силно предозирано рекламно осветление на голям брой сгради в големи райони с голям брой обитатели. Съвместно действие на рекламното осветление с други външни светлинни системи (улично и архитектурно осветление, осветени витрини, светлинни ефекти, попадане на светлините на автомобилните фарове в обхвата на прозорците и др. Неконтролирано излъчване на свътлина към светлина към небосвода, околното пространство, частна собственост, проникване на светлина през прозорците. Нарушаване на нормалния ритъм „ден/нощ“ на голям брой хора, на големи райони и площи.Няма перспектива за бъдеща промяна на светлинния режим и за намаляване на значителното отрицателно въздействие.
10	Рекламно или подобно осветление в специален или природозащитен обект, в който изкуствената светлина създава недопустимо и опасно (необратимо вредно въздействие върху естествените обитатели (напр. в резервати в близост до курортни зони).

Таблица 5 Показатели, характеризиращи светлинното замърсяване от външното изкуствено осветление в Република България (улично осветление (УО); архитектурно-художествено осветление (АХО))

СВЕТЛИННО ЗАМЪРСЯВАНЕ			
<i>Показател</i>	<i>УО</i>	<i>АХО</i>	<i>Общо</i>
1	2	3	4
Излъчено годишно нетно количество светлина от осветителите за улично осветление, $T \text{ lm.h/}$ година	28.19519	5.370164	33.565354
• Излъчено нетно количество светлина, директно насочено към небосвода, $T \text{ lm.h/година}$, в т.ч.:	7.229247	1.376910	8.606157
• отразено от терена (уличното платно) към небосвода - от уличното осветление, $T \text{ lm.h/година}$;	2.096594	-	2.096594
отразено от повърхностите на осветяваните обекти към небосвода - от архитектурно-художественото осветление, $T \text{ lm.h/година}$.	-	0.798651	0.798651
Годишно количество загубена електрическа енергия от разпиляна светлина (излъчена към небосвода и създаваща светлинно замърсяване), $MWh/$ година.	$164.6472 \cdot 10^3$	$27.607221 \cdot 10^3$	$192.25442 \cdot 10^3$
Годишно количество на емисиите от парникови газове, които се изхвърлят в атмосферата – от загубената електрическа енергия за създаване на светлинно замърсяване, $t \text{ CO}_2/$ година.	134.84605	22.610313	157.45636

Относително годишно количество светлина, излъчено към небосвода (директно насочено към небосвода + отразено) от уличното и архитектурно-художественото осветление – на един жител на Република България (РБ), <i>Mlm.h/жител. година.</i>	-	-	1,643
Относително годишно количество загубена електрическа енергия от разпиляна светлина от улично и архитектурно-художественото осветление (излъчена към небосвода и създаваща светлинно замърсяване) – на един жител на РБ, <i>kWh/жител . година</i>	-	-	27.465
Относително годишно количество на емисиите на CO ₂ , които се изхвърлят в атмосферата в съответствие със загубената електрическа енергия за разпиляната светлина към небосвода – от уличното осветление и от архитектурно-художественото осветление – на един жител на РБ, <i>g CO₂/жител . година.</i>	-	-	22.494

Управление на светлинното замърсяване от системите за външно изкуствено осветление

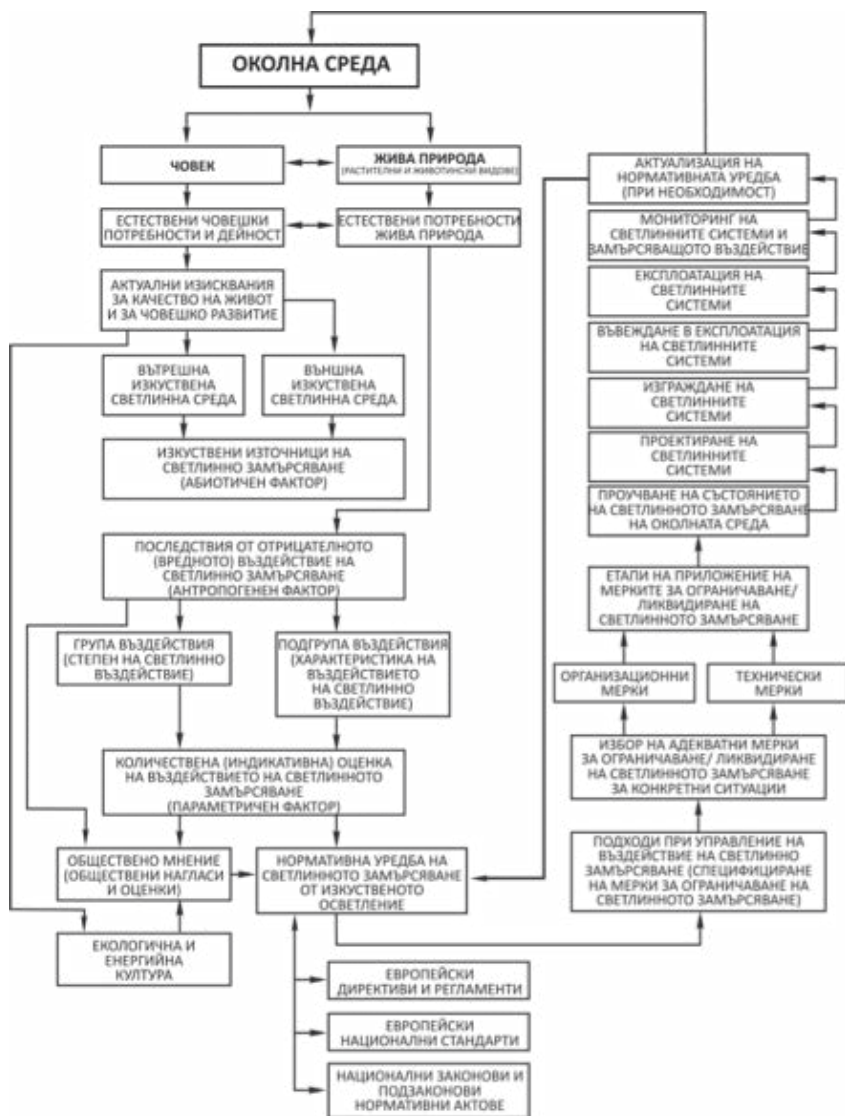
Като параметричен фактор, въздействието на светлинното замърсяване се оценява с параметри като яркост, цвят, динамика, посочност, продължителност на въздействие, обхваната площ на въздействие, други. С оглед ограничаване на вредното въздействие се специфицират и мерки за ограничаването на светлинното замърсяване. Мерките за ограничаване на светлинното замърсяване са практически и мерки за повишаване на енергийната ефективност на външното осветление. На блоковата схема на (фиг. 2) е представен методическият подход за управление на светлинното замърсяване. В затворения контур от логично последователно

и паралелно свързани елементи (обекти, дадености, условия, етапи, документи и други) като базови елементи, затварящи контура, са „Околна среда“, „Човек“, „Жива природа“ [13,14].

Доколкото светлинното замърсяване се намира сравнително отско-ро на вниманието на научната и професионалната общност и на обще-ството като цяло, то практически не се оценява, както при проектира-нето, така и при експлоатацията на системите за външно изкуствено осветление. При разработване и реализиране на проекти за външно ос-ветление не се прави оценка на въздействието на светлинното замър-сяване върху околната среда (Оценка на въздействието върху околната среда (ОВОС)). От своя страна разпиляването на светлина е свързано с разход на електрическа енергия и би следвало в проектите по част „Енергийна ефективност“ на външните осветителни уредби да се оценя-ва разпиляната енергия и свързаното изхвърляне на парникови газове. Специфицирани 12 групи препоръчителни организационно-технически мерки за ограничаване на светлинното замърсяване, с конкретизация за тяхната реализация [15,16]:

- Рационално нормиране на уличните осветителни уредби
- Приложение на енергийноефективни светлинни източници
- Приложение на осветители с адекватно светлоразпределение и го-ляма стойност на коефициента на полезно действие (КПД)
- Приложение на осветители с адекватна степен на защита IP
- Приложение на съвременни системи за управление на уличното осветление
- Приложение на енергийноефективни пусково-регулирущи апарати
- Приложение на адекватна система за позициониране на външните (в т.ч. уличните) осветители
- Приложение на многофункционални и многокомпонентни улични осветителни уредби
- Осигуряване на качествено електроснабдяване на уличните осве-тителни уредби
- Приложение на адекватна система за ремонт и поддържане на уличните осветителни уредби
- Повишаване качеството на проектирането и на строителния кон-трол при изграждането на нови и при реконструкцията и модернизацията на съществуващи улични осветителни уредби
- Други мерки.

Реализирането на адекватни мерки за ограничаване на светлинното замърсяване е елемент на визуалната, енергийната и екологичната кул-тура на качеството на светлинните системи.



Фиг. 2. Блокова схема, представяща методическия подход за управление на светлинното замърсяване

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По систематизацията на количествената бална оценка на въздействието на светлинното замърсяване е направена примерна бална оценка на светлинното замърсяване от три външни светлинни системи (улично осветление; архитектурно-художествено осветление; рекламно осветление), при различни ситуации и условия.

Стойностите на показатели, характеризиращи обобщено светлинното замърсяване от уличното и архитектурно-художествено осветление в Република България са:

- излъчено нетно количество светлина, директно насочено към небосвода - $8.606157 \text{ T lm.h/година}$.

- годишно количество загубена електрическа енергия от разпиляна светлина (излъчена към небосвода и създаваща светлинно замърсяване) - $192.25442 \cdot 10^3 \text{ MWh/година}$

- годишно количество на емисиите от парникови газове, които се изхвърлят в атмосферата – от загубената електрическа енергия за създаване на светлинно замърсяване – $157.45636 \text{ t CO}_2/\text{година}$.

Методическият подход за управление на светлинното замърсяване се представя като затворен контур от логично последователно и паралелно свързани елементи (обекти, дадености, условия, етапи, документи и други). Базовите елементи, затварящи контура, са: „Околна среда“, „Човек“, „Жива природа“.

Светлинното замърсяване, с разпиляването на светлина и енергия, е пример за „Култура на разхищението“. Всяко разпиляване е нерационално действие. Конкретно, в осветлението и светлинния дизайн, следва да се възпитава нова култура – „Култура на рационалността“, елемент на която е ограничаването на светлинното замърсяване.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кючуков Т. Възрастовият фактор в системния светлинен дизайн. Енергетика, 2015, № 2 (ISSN 0324-1521) (с. 53-66).
- [2] Кючуков Т. Синергическият мост. Енергетика и естетика в осветлението. The Sinergy Bridge. Energetics and Aesthetics in Lighting. XVI национална конференция по осветление с международно участие „BullLight 2017“; „Balkan Light Junior 2017“. Сборник доклади (Proceedings). Созопол, 2017 (ISSN 1314-0787) (с. 153-158).
- [3] CIE 150 2017, Technical Report. Guide on limitation of the effects of obstructive light from outdoor lighting installations. CIE, (ISBN: 978-3-902842-48-0).

- [4] IES TM-15-11, Addendum A. Backlight, Uplight, and Glare (BUG) Ratings (IESNA TM-15-07). [5] BDS EN 13201-2:2016. Road lighting - Part 2: Performance requirements (БДС EN 13201-2:2016. Улично осветление - Част 2: Технически изисквания).
- [5] Giacomelli A. C. Nardi, F. Giussani, L. Massetti, "NINE YEARS OF PARTICIPATORY MONITORING OF LIGHT POLLUTION FROM ITALY: THE BUJOMETRIA PARTECIPATIVA CASE", Proceedings, XVI Conference on lighting with international participation BulLight-2017 & Second Balkan Youth Conference BalkanLight Junior-2017. Sozopol, Bulgaria, 25-27 May 2017 (ISSN 1314 – 0787) (p.p. 30-35).
- [6] Kyuchukov T. Light Pollution . "Borders" of Lighting Design (Светлинно замърсяване и "Граници" на дизайна на осветлението). BalkanLight Junior 2019. Second Balkan Junior Conference on Lighting, Plovdiv, Bulgaria, 19-21 september 2019 (BalkanLight Junior 2019 is technically Co. Sponsored by IEEE (#45311); Forth National Conference for Young Scientists Lighting'2019, ISSN 2603-414X).
- [7] Kyuchukov T. Light pollution and light design. Ecologica, Beograd, 2015, № 79, Godina XXII (ISSN 0354-3285) (p.p. 356-350).
- [8] Kyuchukov T. A methodology for assessing and managing light pollution in light design. Ecologica, Beograd, 2015, № 78, Godina XXII (ISSN 0354-3285) (p.p. 315-320).
- [9] Kyuchukov R., T. Kyuchukov, "The Light Environment in Bulgaria" (Invited paper). BalkanLight 2012, Proceedings, Publisher: Academic mind, Belgrade, 2012 (ISBN 978-86-7466-438-4) (p.p. 165-171).
- [10] Statistical report 2019, National Statistical Institute, Sofia, Bulgaria. (Статистически справочник 2019. Национален статистически институт, София, България).
- [11] Наредба № Е-РД-04-3 от 4 май 2016 г. за допустимите мерки за осъществяване на енергийни спестявания в крайното потребление, начините за доказване на постигнатите енергийни спестявания, изисквания към методиките за тяхното оценяване и начините за потвърждаването им. Изд. от Министерството на енергетиката.
- [12] Кючуков Т., Светлинен дизайн (монография). Плевен, Медиатех, 2015 (ISBN 978 619 207 001-4) (с. 221-222).
- [13] Кючуков Т. Системологични и семантични основи на светлинния дизайн. Автореферат на дисертация за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“. Русенски университет „Ангел Кънчев“, 2012.
- [14] Kyuchukov T. Light pollution and its price. The Seventh Balkan Conference on Lighting, Balkan Light 2018., 20-22 september 2018, Varna, Bulgaria, Proceedings (ISSN 2603-414-X) (p.p. 33-41).
- [15] Кючуков Т. Съвременно улично осветление. ТД Инсталации, 2012, № 3, (ISSN1314-3492) (с. 24-27).