

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ

Том 113

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”

FACULTI DE GEOLOGIE ET GEOGRAPHIE

Livre 2 – GEOGRAPHIE

Volume 113

---

## ПОДХОД КЪМ ОЦЕНКА НА ЕКОСИСТЕМНАТА УСЛУГА НА ПОВЪРХНОСТНИТЕ ВОДИ ЗА НЕПИТЕЙНИ НУЖДИ В УРБАНИЗИРАНИ ТЕРИТОРИИ В БЪЛГАРИЯ

ДИМИТЪР ЖЕЛЕВ

*Катедра „Ландшафтна екология и опазване на природната среда“  
e-mail: zhelev@gea.uni-sofia.bg*

*Dimitar Zhelev.* AN APPROACH FOR ASSESSMENT OF THE ECOSYSTEM SERVICE OF SURFICIAL WATERS FOR NON-DRINKING NEEDS IN URBAN TERRITORIES IN BULGARIA

The article introduces an approach for assessment of a particular ecosystem service. The surficial waters for non-drinking needs in the urban territories could be measured and assessed by applying a method of quantitative evaluation. A summative grade for a random territory can be easily obtained by assessment of three relevant indicators. These indicators display the annual “picture” of waters cycle in an urban territory.

The assessment is conducted by comparing data for the annual precipitation sum, the annual potential evapotranspiration sum, and the year-long existence of surface (river) stream in the territory. The three indicators are integrated in a summative overall result in accordance to which the territories of Bulgaria are classified into 5 categories. There is scarcity of the ecosystem service in the urban territories graded from 0 to 1; from 1 to 2 are lands with barely available ecosystem service; from 2 to 3 are moderate availability; 3–4 grades are for the strongly available ecosystem service; and the 4–5-scored territories are identified as place of abundance of the particular ecosystem service.

The suggested formula for measurement of the ecosystem service is verified by 10 various locations in Bulgaria. The approach is applicable in any territory around the world if there is available data for the three primary indicators.

*Key words:* evapotranspiration, precipitation, natural capital, evaluation, cities.

## УВОД

В контекста на природоползването попадат и екосистемните стоки и услуги – преките или косвените ползи, които хората извличат от функционирането на екосистемите или ландшафтите. Когато се интерпретират услугите на природната среда, не би трябвало да се прави разлика между екосистемата и ландшафтната сфера, независимо че в световната литература тези изследвания се основават на екосистемния подход (Асенов 2010). Към екосистемните услуги спадат и т.нар. екосистемни стоки, т.е. материални продукти, които се добиват директно от природата (дървесина, плодове, билки и т.н.) (Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

В съвременния контекст на пазарна икономика все по-голяма актуалност намира интерпретацията на понятието „природен“ (естествен), което е разширение на термина „капитал“ и се изразява в наличността на природни ландшафти (екосистеми), чието функционира не обуславя формирането на ценни от икономическа и от екологична гледна точка материали в бъдеще. Популяризирането и внедряването на термина е свързано с нарастващото противоречие между стопанската експлоатация на природните ресурси и опазването на биоразнообразието (екоравновесието), чистотата на природните компоненти и борбата с климатичните промени. Концепцията за природен капитал позволява да се оценяват и остойностяват по научно-детерминирана методика различни материални и нематериални екосистемни (ландшафтни) услуги и природни ресурси. Тяхното оценяване позволява аргументиране на ползите от съществуването (опазването, възстановяването, създаването) на отделни природни ландшафти и екосистеми в тях. Идеите за природния капитал и екосистемните услуги са широко застъпени в политиките за устойчиво развитие на страните от ЕС и други развити държави по света (Милкова, Желев 2020).

Разнообразието на екосистемните стоки и услуги и перспективата на тяхното изследване са изключително големи. Особен акцент се поставя върху изследването на урбанизираните територии – местата, където антропогенният натиск е изключително интензивен и където същевременно функционирането на „зелените“ територии (паркове, междублокови пространства, рекреационни зони и т.н.) е от изключително значение за качеството на живот. Картирането и оценката на екосистемните стоки и услуги в урбанизираните територии е приоритетна задача (Nedkov et al. 2017).

## МЕТОДИЧНА ОСНОВА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Обект на настоящото изследване е екосистемната услуга на повърхностните води за непитейни нужди в урбанизираните територии в България. Предмет на изследването е верификацията на обективен подход (модел) за оценка на екосистемната услуга, базиран върху количествени данните. Основна цел

на изследването е апробирането на модел за оценка. За постигане на целта на изследването са поставени следните изследователски задачи:

1. Подбор на количествени показатели, които могат да служат за оценка на изследваната екосистемна услуга;
2. Формулиране на пространствени зависимости, които обективно отразяват достъпността на екосистемната услуга;
3. Верифициране на модела за оценка.

Анализът на природните компоненти, имащи отношение към проявлението на екосистемната услуга, дефинира 2 показателя, свързани с климатичните елементи, и 1 показател, свързан с хидрографската мрежа. Климатичните показатели за оценка на територията за достъпността на разглежданата екосистемна услуга са средногодишно количество на валежите и средногодишно количество на потенциалното изпарение. Двете характеристики дават количествена информация за водните потоци, циркулиращи в ландшафтите в рамките на 1 година. Съотношението между двете количества обуславя наличието на повърхностен отток, който по същество се явява „източник“ на екосистемната услуга на повърхностни води за непитейни нужди в урбанизирани територии в Република България. Хидроложкият показател е свързан с наличието на транзитен повърхностен отток, т.е. река, която преминава през територията и може да компенсира евентуална липса на повърхностен отток. Върху тези три показателя е разработена 5-бална оценъчна скала за предоставяне на екосистемната услуга.

Модел за оценка се осъществява по балната скала, където резултатите от 4 до 5 отразяват максимално добрите условия, а от 0 до 1 – минимално добрите условия за предоставяне на екосистемната услуга. Оценяването на всяка една територия се осъществява по формулата:

$$K_{tw} = \frac{(Pri - (Prmin - 1))}{\frac{Prmax - Prmin}{2}} + \frac{((Evmax + 1) - Evi)}{\frac{Evmax - Evmin}{2}} + R,$$

където:

$Prmax$  – максимална стойност на средногодишното количество на валежите в урбанизирано пространство за цялата територия на България (mm/y);

$Prmin$  – минимална стойност за средногодишното количество на валежите в урбанизирано пространство за цялата територия на България (mm/y);

$Pri$  – стойност на средногодишното количество на валежите в изследваната част от територията на България (mm/y);

$Evmax$  – максимална стойност на средногодишното количество на потенциалната евапотранспирация в урбанизирано пространство за цялата територията на България (mm/y);

$Evmin$  – минимална стойност на средногодишното количество на потенциалната евапотранспирация в урбанизирано пространство за цялата територия на България (mm/y);

$E_{vi}$  – стойност на средногодишното количество на потенциалната евапотранспирация в изследваната част от територията на България (mm/y);

$R_e$  – наличие на повърхностен отток (течение), където наличието на течение се отразява с 1, а липсата – с 0;

$K_{tw}$  – коефициент оценка на екосистемната услуга повърхностни води за непитейни нужди в урбанизирани територии.

Формулирането на зависимостите е израз на обща физикогеографска закономерност. Този модел може да се приложи върху различни територии при адаптиране на стойностите за максимални и минимални количества на валежите и потенциалната евапотранспирация. Оценката на екосистемната услуга се базира на комплексно анализиране на три показателя с различна тежест от цялата оценка: стойност на средногодишната сума на количеството валежи (тежест 40%), стойност на средногодишната потенциалната евапотранспирация (тежест 40%) и наличието на повърхностно течение (тежест 20%). При прилагането на 5-бална оценка на екосистемните услуги при това съотношение на трите компонента от комплексната показателна оценка се дават тежести, както следва 2:2:1 – количество валежи:потенциална евапотранспирация: наличие на повърхностен отток.

Изборът на трите показателя се корени в тяхната обективност и наличието на цифрова база данни (слоеве в ГИС, предоставени от МОСВ за нуждите на проекта TUNESinURB, част от който е това изследване) за техните стойности по цялата територия на страната (комплексен индекс за природните структури), което позволява тяхното коректно приложение и интерпретация, без да се налагат субективни преценки.

Формирането на оценка според приложената бална скала за оценяване на екосистемната услуга повърхностни води за непитейни нужди в урбанизирани територии предопределя територии на страната да попаднат в пет категории (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

Достъпност на екосистемната услуга повърхностни води  
за непитейни нужди в урбанизирани територии

Availability of the ecosystem service of surficial waters for non-drinking needs in urban territories

Коефициент ( $K_{tw}$ )	Характеристика на урбанизираната територия	Бална оценка
От 0 до 1	Изключително слабо достъпна екосистемна услуга	1
От 1 до 2	Слабо достъпна екосистемна услуга	2
От 2 до 3	Средно достъпна екосистемна услуга	3
От 3 до 4	Силно достъпна екосистемна услуга	4
От 4 до 5	Изключително силно достъпна екосистемна услуга	5

Показателят, базиран върху средногодишното количество на валежите, се оценява в рамките на стойност, варираща от 0 до 2 бала. Изчислява се по формулата:

$$\frac{(Pr_i - (Pr_{min} - 1))}{\frac{Pr_{max} - Pr_{min}}{2}}$$

Оценката на валежите спрямо предоставяната екосистемна услуга е отношението на разликата между конкретната стойност на средногодишното количество валежи за изследваното място ( $Pr_i$ ) и стойността на минималното средногодишно количество валежи, установено за урбанизираните територии на България ( $Pr_{min}$ ) (стойността на минималното средногодишно количество валежи е индексирана с  $-1$ , за да не съществува ситуация, в която разликата е равна на 0), и половината от разликата на максималната ( $Pr_{max}$ ) и минималната ( $Pr_{min}$ ) средногодишна стойност на количество валежи, установени за урбанизираните територии на България.

Според базата данни, които са използвани в оценката на екосистемната услуга, максималното количество валежи, установено за урбанизирана територия в България (урбанизирани/селищни територии) е 874 mm/г. (с. Говедарци, Рила), а минималната е 446 mm/г. (Каварна, Черноморско крайбрежие/ Дунавска равнина). Разликата между двете крайни стойности дава количествения диапазон, в който варират стойностите за България, а поделянето му наполовина отразява възможностите за сегментиране на територията по количеството валежни количества. При конкретните стойности на максимално и минимално количество валежи тази средна величина е 214 mm/г.

Потенциалната евапотранспирация като показател се оценява в рамките на стойност, варираща от 0 до 2 бала. Изчислява се по формулата:

$$\frac{((Ev_{max} + 1) - Ev_i)}{\frac{Ev_{max} - Ev_{min}}{2}}$$

Оценката на потенциалната евапотранспирация спрямо изследваната услуга се осъществява чрез съпоставяне на отношението на разликата от стойността на средногодишната максимална стойност на потенциална евапотранспирация, установена в урбанизирани територии в България ( $Ev_{max}$ ) (стойността на максималната потенциална евапотранспирация е индексирана с  $+1$ , за да не съществува ситуация, в която разликата е равна на 0), между конкретната средногодишна стойност на потенциална евапотранспирация за дадено място ( $Ev_i$ ) и половината от разликата на максималната ( $Ev_{max}$ ) и минималната ( $Ev_{min}$ ) средногодишна стойност на потенциална евапотранспирация, установени за урбанизираните територии в България.

Според базата данни, използвана в оценката на екосистемната услуга, максималната средногодишна стойност на потенциална евапотранспирация,

установена за урбанизирана територия в България (урбанизирани/селищни територии), е 756 mm/г. (Оряхово, Дунавска равнина), а минималната е 597 mm/г. (с. Чифлик, Стара планина). Разликата между двете крайни стойности дава количествения диапазон, в който варират стойностите за урбанизираните територии в България, а поделянето му наполовина отразява възможностите за сегментиране на територията по стойност на потенциалната евапотранспирация. При конкретните стойности на максимална и минимална потенциална евапотранспирация тази средна величина е 79,5 mm/г.

Наличието на повърхностен воден отток в дадена територия определя възможността за получаването на максимална оценка по отношение на предоставената екосистемна услуга. В предложената формула за модел на оценка наличието на воден отток се отбелязва с 1, а липсата се отразява с 0.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

При изпробване на модела с максималното количество валежи (874 mm/г.) и минималната стойност на евапотранспирация за България (446 mm/г.) и с наличието на река е получен резултат на  $K_{tw} 5,001$ . При изпробване на модела с минимално количество на валежи (597 mm/г.) и максимална стойност на евапотранспирация за България (756 mm/г.) и липса на речно течение е получен резултат на  $K_{tw} 0,001$ . Тези резултати верифицират теоретично модела.

Таблица 2  
Table 2

Верификация на модела за бална оценка чрез контролни локации\*  
Verification of assessment model using check locations

№	Контролна локация	Валежи (mm/г.)	Евапотранспирация (mm/г.)	Наличие на река	Коефициент (0–5)	Бал (1–5)
1.	Западна Дунавска равнина, Лом	559	725	Да	2,07	2
2.	Източен Предбалкан, Омуртаг	688	661	Не	2,51	3
3.	Централна Стара планина, с. Черни Осъм	796	621	Да	4,50	5
4.	Айтоска котловина, Айтос	552	707	Да	2,25	2
5.	Ихтиманска Средна гора, с. Белица	700	590	Не	3,43	2
6.	Старозагорско поле, с. Борово	591	738	Не	1,06	1
7.	Трънска котловина, с. Стрезимировци	572	594	Да	3,72	4
8.	Рила, с. Говедарци	874	604	Да	5,07	5

№	Контролна локация	Валежи (mm/г.)	Евапотранспирация (mm/г.)	Наличие на река	Коефициент (0–5)	Бал (1–5)
9.	Източни Родопи, с. Егрек	819	728	Не	2,25	2
10.	Странджа, Малко Търново	868	688	Не	2,98	3

\*Данните за валежи, потенциална евапотранспирация и наличие на река са предоставени чрез ГИС база данни от МОСВ в хода на реализиране на проекта TUNESinURB през 2016 г.

За да се провери допълнително и да се верифицира формулата за оценяване на екосистемната услуга за повърхностни води за непитейни нужди, е направена контролна проверка по случайно подбрани участъци в различни природни областив България (табл. 2).

Прилагането на формулата за оценка на екосистемната услуга повърхностни води за непитейни нужди може да се осъществи чрез автоматизиран процес в програмата Excel или сходна на нея програма. В хода на изследването по проекта TUNESinURB този автоматизиран процес позволи оценяването на близо 100 000 полигона (териториални участъци) с урбанизирани територии по класификацията на EUNIS (EUNIS... 2019). Обобщените резултати от изследването за урбанизираните територии в България са обобщение в табл. 3.

Таблица 3

Table 3

Средна оценка на достъпността до екосистемната услуга повърхностни води за непитейни нужди в урбанизирани територии в България  
An average availability to the ecosystem service of surficial waters for non-drinking need in urban territories in Bulgaria

Код по EUNIS	Тип урбанизирани територии	Средна оценка
J1	Площи със сгради в населените места с голяма гъстотата на застрояване	2,02
J2	Площи със сгради в населени места с малка гъстота на застрояване	2,02
J3	Места за добив на полезни изкопаеми (кариери, мини, насипи и др.)	2,21
J4	Транспортна инфраструктура (пътища, магистрали, жп линии, летища и др.)	2,02
J5	Изкуствени водни обекти с изцяло създадени от човека форми – предимно със замърсени отпадъчни води (хвостохранилища, водоеми на пречиствателни станции, отпадни канали и др.)	1,96
J6	Сметища и депа за отпадъци	1,96

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Засиленият интерес към изучаването на екосистемните стоки и услуги е израз на съвременното разбиране за природния капитал. На институционално ниво е осъзната незаменимата роля на природната среда като израз на качеството на живот в демократичните общества.

Направените наблюдения върху урбанизираните територии на България чрез прилагането на гореописания модел за оценка на екосистемната услуга за повърхностни води за непитейни нужди показва, че по-голямата част от въпросните територии на страната имат слабо достъпна екосистемна услуга. Това е обективно обусловено от физикогеографските характеристики на територията. Наблюдават се териториални различия, които са свързани с редица зонални и азонални фактори.

Моделът за оценка на изследваната екосистемна услуга може да се адаптира към всяка една територия, за която са налични данни за количеството валежи, потенциалната евапотранспирация и за наличието на целогодишен повърхностен отток.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящата разработка бе част от дейността по проекта „Toward better UNderstanding the Ecosystem Services in URBan environments through assessment and mapping (TUNESinURB)“ (Към по-добро разбиране на екосистемните услуги в градски територии чрез оценка и картиране). Изказвам благодарност към доц. д-р Стелиян Димитров, доц. Стоян Недков и студента Иван Иванов за помощта в хода на изследването.

## ЛИТЕРАТУРА

- Асенов, А. 2010. Методи за оценка на природния капитал. – *Год. на СУ, ГГФ*, т. 102, кн. 2 – География.
- Милкова, К., Д. Желев. 2020. Регионални географски сценарии в България. София: Университетско издателство „Св. Климент Охридски“.
- EUNIS habitat classification 2007 (Revised descriptions 2012). 2019 (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification>).
- Millennium Ecosystem Assessment Ecosystemsand Human Wellbeing: Synthesis. 2005. Washington, DC: IslandPress.
- Nedkov, S., M. Zhiyanski, S. Dimitrov et al. 2017. Mapping and assessment of urban ecosystem condition and services using integrated index of spatial structure, OneEcosystem.



## SUMMARY

### AN APPROACH FOR ASSESSMENT OF THE ECOSYSTEM SERVICE OF SURFICIAL WATERS FOR NON-DRINKING NEEDS IN URBAN TERRITORIES IN BULGARIA

The research object is the ecosystem service of surficial water for non-drinking needs in the urban areas in Bulgaria. The paper articulates a model of assessment for this ecosystem service on the data for annual precipitation rate, potential evapotranspiration rate, and the existence of yearlong surficial water (river) stream. Major goal of the study the approbation of model of assessment based on a developed 5-graded classification system for the ecosystem service. The annual precipitation and the annual potential evapotranspiration values in the verification examples is obtained by GIS-data base.

The assessment model is applied by a graded scale in which the results vary from 0 (worst availability of ecosystem service) to 5 (best availability of the ecosystem service). The grading is calculated by the formula:

$$Ktw = \frac{(Pri - (Prmin - 1))}{\frac{Prmax - Prmin}{2}} + \frac{((Evmax + 1) - Evi)}{\frac{Evmax - Evmin}{2}} + R,$$

where:

$Prmax$  – maximum value of the annual precipitation rate in Bulgaria (mm/y);

$Prmin$  – minimum value of the annual precipitation rate in Bulgaria (mm/y);

$Pri$  – annual precipitation rate of particular territory in Bulgaria (mm/y);

$Evmax$  – maximum value of the annual potential evapotranspiration rate in Bulgaria (mm/y);

$Evmin$  – minimum value of the annual potential evapotranspiration rate in Bulgaria (mm/y);

$Evi$  – annual potential evapotranspiration rate of particular territory in Bulgaria (mm/y);

$Re$  – existence of surficial water (river) stream (1 for existence; 0 for lack);

$Ktw$  – Coefficient for assessment of the ecosystem service for surficial waters for non-drinking needs in urban territories.

The formulating of the mathematical dependencies is an expression of the laws in physical geography. The assessment of the ecosystem service is based on the complex analyzing of three indicators with inequal weight. The annual precipitation constructs 40%, the annual potential evapotranspiration another 40%, and the existence of surficial water (river) stream 20%. The application of the 5-graded assessment reflects this ratio.

The selection of the three indicators is determined by their objectivity and the availability of the digital data base (GIS) for their values for the territory of Bulgaria. Because of this their correct application and interpretation is guaranteed and no subjective assessment is an option. The model is verified by 10 various locations in the country.