

КАРТИРАНЕ НА ЕКОСИСТЕМИТЕ ЗА НУЖДИТЕ НА БАСЕЙНОВОТО УПРАВЛЕНИЕ НА ВОДИТЕ

Христина Проданова, Ивайло Ананиев, Стоян Недков

*Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките
e-mail: hristina.zh.prodanova@gmail.com, snedkov@abv.bg, IvayloAnaniev213@gmail.com*

Ключови думи: екосистемни услуги, пространствени данни, интеграция

Резюме: Методическата рамка за картографиране на екосистемите и услугите, които те предоставят, е разработена от работната група MAES (Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services). Методиката за България е разработена в рамките на проекта MetEcosMap (Methodological assistance for ecosystems assessment and biophysical valuation) и включва девет отделни методики, всяка от които обхваща определен тип екосистема според типологията на MAES. При последващото картографиране бяха разработени девет отделни бази данни за всеки тип екосистема. В настоящото изследване анализирахме типологията на екосистемите за България и коригирахме установените недостатъци. Подходът на интегрирано картиране на екосистемите, който съчетава деветте типологии, беше доразвит, за да се улесни по-точното очертаване на сладководните екосистеми. Подходът беше приложен за горната част на басейна на река Огоста и резултатът е под формата на топологично коректен единен слой пространствени данни и карти на екосистемите.

MAPPING OF ECOSYSTEMS FOR THE NEEDS OF INTEGRATED RIVER BASIN MANAGEMENT

Hristina Prodanova, Ivaylo Ananiev, Stoyan Nedkov

*National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: hristina.zh.prodanova@gmail.com, snedkov@abv.bg, IvayloAnaniev213@gmail.com*

Keywords: ecosystem services, spatial data, integration

Abstract: The methodological framework for mapping of ecosystems and the services they provide has been developed by MAES (Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services) working group. The methodology for Bulgaria was developed under the MetEcosMap project (Methodological assistance for ecosystems assessment and biophysical valuation) and it includes nine separate methodologies, each of which covers a specific ecosystem type according to the MAES typology. In the follow-up mapping, nine separate databases were developed for each ecosystem type. In this study, we analyzed the ecosystem typology for Bulgaria and corrected the established shortcomings. The approach of integrated mapping of ecosystems that combines the nine typologies was further developed to facilitate more precise delineation of the freshwater ecosystems. The approach has been applied to the upper part of the Ogosta River basin and the results are in the form of a topologically correct and uniform spatial data layer and maps of the ecosystems.

1. Въведение

Според приетия през тази година Европейски закон за възстановяване на природата (Nature Restoration Law) до 2030 трябва да бъдат възстановени минимум 20% от нарушените природни местообитания със специално внимание върху тези, които имат потенциал за задържане на въглероден диоксид и намаляване на глобалното затопляне. Възстановяването на свободно течащите води, влажните зони и сладководните местообитания са сред приоритетните в това отношение. Всичко това има пряко отношение към басейновото управление на водите, в рамките на което се осъществява координацията и планирането на разнообразни дейности, насочени към осигуряване на речни басейни с добро качество на

водите, което е жизненоважно за здравето и оцеляването на човечеството и живите организми. Оценката на състоянието на екосистемите и картирането на свързаните с водите екосистемни услуги са от ключово значение за подобряване на знанията, мониторинга и управлението на речните басейни. Интегрирането на екосистемните услуги в плановете за управление на речните басейни е особено важно във връзка с прилагането на Рамковата директива за водите на ЕС [1].

Европейската методическа рамка за оценка и картиране на екосистемите и услугите които те предоставят е разработена от MAES и е публикувана в серия от доклади касаещи различните аспекти на картирането [1, 2, 3, 4]. В тях са заложени основните подходи и методи за оценка и картиране на Европейско ниво и общи препоръки за тяхното прилагане на национално ниво от страните членки. Тези подходи и методи са доразвити в рамките на проект ESMEALDA (Enhancing ecoSysteM sERvices mApping for poLicy and Decision mAKing) и публикувани в серия от статии, касаещи етапите на методическата рамка [5], методите за биофизична оценка [6], приложните аспекти на картирането с примери от отделните страни [7] и др.

Методическата рамка за България е разработена под формата на девет отделни документа, всеки от които обхваща по един от деветте основни екосистемни типа: урбанизирани, земеделски, горски, тревни, храстови, площи с рядка растителност, сладководни, влажни зони и морски. Те имат обща структура, която следва Европейската рамка MAES и включва типология и картиране на екосистемите, оценка на състоянието на екосистемите и оценка на екосистемните услуги [8]. Типологията на екосистемите в България е развита като трето ниво на типологията на MAES, като за всеки тип екосистема са оформени определен брой подтипове в зависимост от специфичните условия в страната. При картирането, извършено в последващата дейност в рамките на седем проекта, са разработени девет отделни бази данни за всеки тип екосистема. Те обхващат част от територията на страната и по-конкретно териториите извън обхвата на защитените зони по НАТУРА 2000. Приложението на тези данни за дейности свързани с управлението на водите би създавало поне два сериозно проблема. Първо, раздробеността на пространствените единици в девет отделни ГИС слоя и свързаните с това несъответствия между тях под формата на празнини и припокривания. Второ, липсата на картиране за големи части на страната, което прави невъзможно да се покрие с данни цял водосборен басейн.

В България досега не са правени опити да се направи интегриране на типологиите от деветте методики. В края на 2022 г. е публикувано сравнително изследване на данните от отделните картиращи проекти за басейна на р. Огоста [9]. В него се установяват редица несъответствия, част от които произтичат от различия между типологиите, а други от различия между отделните бази данни. По важните от тях са: 1) за някои типове типологията е развита до четвърто ниво, а за други е до трето ниво; 2) в някои от типовете екосистеми, особено в сладководните, различни категории се смесват в рамките на едно йерархично ниво; 3) има дублирани цифрови обозначения между тревните и горските екосистеми. Това налага преразглеждане на типологията и разработване на единна класификация, която да се използва за нуждите на интегрираната оценка на екосистемите. Топологичните анализи на обединените данни показват изключително голям брой празнини и припокривания. Основната причина е използването на различни източници за картографиране на различни типове екосистеми. Основният извод от разработката е, че е практически невъзможно да се генерират топологично коректни интегрирани ГИС слоеве от отделните бази данни, което налага да се разработи нов подход за картографиране на всички типове екосистеми в единна база данни. Такъв подход е представен през 2023 г. [10], който залага на използването на единна пространствена основа с последователно актуализиране на данните за отделните екосистемни типове.

Целта на настоящият доклад е да се представят резултатите от интегрирането на типологиите от деветте методики за картиране на екосистемите в единна класификация и развитието на подхода за интегрирано картиране на екосистемите чрез актуализация на данните за сладководните екосистеми.

2. Материали и методи

2.1. Концепция за интегрирана оценка на екосистемите за нуждите на басейновото управление на водите

Оценката, картирането и картографирането на ЕУ са взаимосвързани дейности, чието осъществяване е изисква координация между различни подходи и методи, прилагането на интегрирани подходи или методически рамки. Методическата рамка за картиране на екосистемите и услугите, които те предоставят се състои от три основни научни компонента (картиране на екосистемите; оценка на състоянието на екосистемите; оценка, картиране и

картографиране на екосистемните услуги) тясно обвързани приложните им аспекти [5, 11]. Ключово за разбирането на методическата рамка е, че прилагането ѝ е специфично във връзка с темата и целта на разработката. Басейновото управление на водите е една такава тема и при разработки целящи конкретни дейности от управлението на водите е важно да се развие версия на методическата рамка по тази конкретна тема. В методическата рамка условно може да се разграничат три компонента: подготвителен, научен и консултативен. Първият и третият са пряко свързани с приложните аспекти и задават рамката в която ще се извършва научната част. Водещ принцип при басейновото управление на водите е ясната териториална обособеност произтичаща от поставянето на речния басейн във фокуса на всички дейности. По тази причина като водещ принцип при интегрираната оценка на екосистемите следва да бъде изграждането на единна типология и интегриране на пространствените данни по екосистемни типове.

2.2. Интегриране на типологията на екосистемите

За интегрирането на типологията на екосистемите е създадена сравнителна таблица, чрез която да се провери степента на съответствие между националната класификация по MAES и разработената по нея база данни за екосистемите в България. Проверката на атрибутивните данни е извършена паралелно на две места: 1) в Excel, където от една страна са въведени всички налични данни за класификацията от методиките, за базата данни, и за названията по EUNIS; и 2) в ArcMap и ArcCatalog, където са проверени и отстранени несъответствията и попълнени липсващите записи в съответствие с разписаните в методиките таблици.

Сравнителната таблица на екосистемните типове в Excel съдържа по хоризонтала всички нива от класификацията на национално ниво (колони А до С) и колона D, която съдържа пълните наименования от методиките. В допълнение на наличната информация от методиките бяха създадени две нови колони (Е и F), в които в последствие да се добави информацията относно съответното наименование в други класификации. Колона Е съдържа наименованието на екосистемните типове според базата данни в ГИС, а колона F съдържа наименованието според EUNIS (European Nature Information System).

Попълването започна с колона D, съдържаща описанието на екосистемите от методиките „Методологична рамка за оценка и картиране на състоянието на екосистемите и екосистемните услуги в България“ на всичките 8, налични в района на р. Огоста, екосистемни типове (урбанизирани, земеделски, тревни, горски, храстови и ерикоидни, земи с рядка растителност, влажни зони и сладководни). Попълването на колона Е включва наименованията на екосистемните типове и подтипове от официалната база данни за деветте картиращи проекта. Базата бе предоставена за целите на проекта INES от МОСВ чрез ИАОС (поискани с писмо с Вх. № 33-00-150/20.06.2022 г. на Министерство на околната среда и водите). За да се извърши проверката, данните бяха заредени в ArcCatalog, версия 10.6.1. Един по един слоевете са сравнени и преписани наименования на типовете и подтиповете от базата в таблицата в Excel с водещ критерий – смисловото им съвпадение. В последната колона F бяха добавени наименованията на екосистемните типове по EUNIS. За целта бе използван официалният сайт (https://eunis.eea.europa.eu/habitats-code-browser.jsp?expand=182#level_182) на Европейската агенция по околна среда. При попълването на тази колона бяха установени няколко пропуска и/или разминавания, сред които: 1) в земеделските екосистеми в подтип „Ферми за добитък за големи и малки животни, включително пчели“, по класификацията на EUNIS не се открива съвпадение с никое от българските наименования; 2) В урбанизираните екосистеми в подтип „Зелени зони в населените места (вкл. зони за спорт и атракции)“ по класификацията на EUNIS не се открива съвпадение с никое от българските наименования.

При извършената първична проверка в Excel и ГИС се установиха няколко генерални проблема, свързани с определени екосистемни типове, най-съществените от които са свързани с горските, тревните и сладководните екосистеми. Проблемните места, търпящи корекция, бяха отстранени, а липсващата информация допълнена.

Деветте типологии на екосистемите според рамката MAES съдържат три нива в класификацията. При анализа на системата за кодиране използвана в националната методика на България бяха установени два съществени проблема. Първият е свързан с наличието на четвърто ниво в типологията на горските екосистеми, което при съществуващата система за кодиране се отразява на трето ниво, а второто ниво на практика отсъства. Вторият е при сладководните екосистеми, където са дадени множество подтипове на трето ниво, но някои от тях са съподчинени един на друг. Например С.1 Езера и С1.3. Постоянни еутрофни езера и водоеми са в едно таксономично ниво, което е некоректно от гледна точка на принципите за класификация. Затова за сладководните екосистеми беше въведено четвърто ниво и типологията беше преработена във вида представен на таблица 1.

Дублиране на кодовете в базата данни между тревните и горски екосистеми се появява при опит да се обединят всички налични слоеве от осемте методики в един общ слой. При тяхното класифициране спрямо цифровите записи от атрибутивно поле "EcosystemT" на пръв поглед изглежда, че в района на басейна на р. Огоста липсват горски екосистеми, което е невярно. При последващата детайлна проверка се установи, че и в двата слоя цифрените означения започват с код 301+. Този код според MAES принадлежи на тревните екосистеми, а горските са разписани да започват с 401+. Ето защо предприехме преименуване на всички кодове на горските екосистеми започващи с „3“ на „4“. По този начин осигурихме: 1) съответствие с номерацията от ниво 2 на класификацията; и 2) възможност двата слоя да бъдат впоследствие обединени без риск от загуба на записи и невъзможност да се класифицират (разграничат) един от друг. Извършените промени по атрибутивните таблици на ГИС слоевете отразихме и в колона "С" от таблицата CLC_MAES_class_work.xlsx, съдържаща кодовете на отделните екосистемни подтипове.

2.3. Интегриране на пространствената информация в единна база данни и картиране на сладководните екосистеми

Слоят с пространствена информация за нуждите от интегрираното картиране на екосистемите на ниво водосборен басейн и създаване на единна база данни, се базира на информация от базата данни Физически блокове (Physical Blocks) на Министерство на земеделието и храните (МЗХ). Информацията отговаря на изискванията за национално картиране, резолюция на данните и връзка с типологията MAES.

Процедурата по интегрирането на сладководните екосистеми включва използването на наличните пространствени данни за сладководните екосистеми и тяхното обединение с нови генерирани данни с помощта на набор от хидроложки инструменти в ArcGIS Pro. Тези данни представляват различните течения на реките според техния ранг, разделени за целите на настоящата работа на четири ранга. За целта е нужен надежден DEM (Digital Elevation Model) модел. След генерирането на теченията и техните нива са създадени буфери с различна големина за различните нива. Определянето на големината на буферите следва логиката, че размера на буферите нараства според ранга на течението – съответно от 1-ви към 4-ти. Генерирани са четири отделни слоя за четирите вида буфери. Накрая всички те са обединени в един слой, който е интегриран с данните за останалите сладководни екосистеми.

3. Резултати

3.1. Интегрирана типология на екосистемите

Интегрираната типология на екосистемите (Табл.1) е получена в резултата на ревизията и актуализацията на типологиите от деветте методики и последващото им обединяване в логически коректна класификационна система с нова унифицирана схема от цифрови кодове. Нива 1 и 2 отговарят изцяло на съответните нива (категория и тип) от типологията на MAES (Maes et al., 2013) [1].

Таблица 1. Рамка за интегрирана типология на екосистемите в България – синтезирана версия

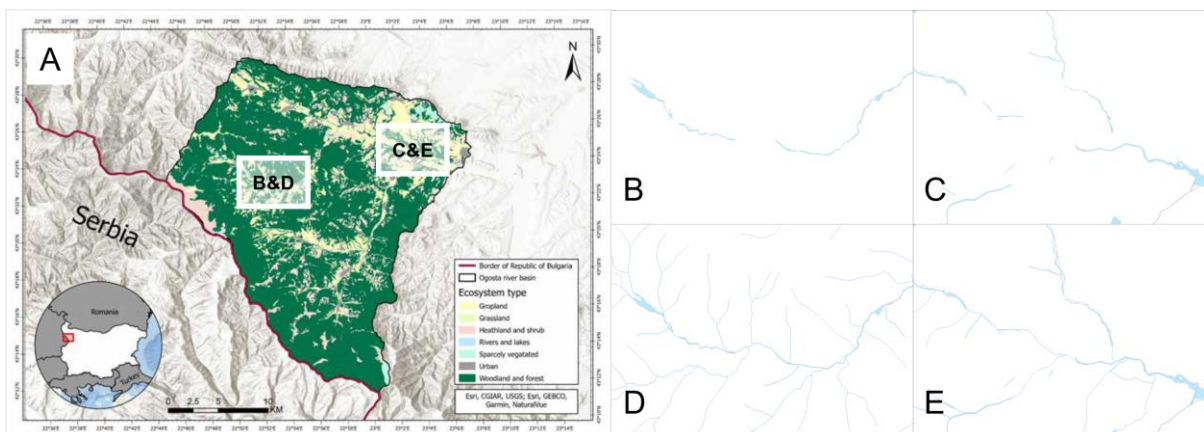
Идентифицирани нива спрямо класификацията				ГИС	Нови унифицирани ГИС кодове			
Ниво 1	Ниво 2	Ниво 3	Ниво 4		Код от базата данни	Код 1	Код 2	Код 3
1 категория - Сухоземни	7 типа (означени от 1 до 7)	35 подтипа (означени от J.1 до D.5)	27 горски (означени от G1.0 до G4.F)	101 до 703	1	11–17	111–173	1411–1444
1 категория - Сладководни	1 тип (означен с 8)	5 подтипа (означени от C.1. до 8.5)	14 сладководни (означени от C1.1 до J5.4)	811 до 856	2	21	211–215	2111–2156
1 категория - Морски	1 тип (означен с 9)	8 подтипа (означени от A.1 до X.2)	-	902 до 911	3	31	311–318	-

Номерацията на типовете е въведена за по-голяма яснота с оглед обвързването със следващите нива. Ниво 3 е развито на базата на типологиите от деветте методики след съответните корекции и актуализация, като са запазени буквено-цифровите кодове указващи връзката с класификацията на хабитатите по EUNIS. След актуализацията в нея се получават общо 48 подтипа, което е с 10 по-малко от заложените в националната методическа рамка. Разликата е в следствие на трансформацията на подтиповете сладководни екосистеми, част от които са преместени на ниво 4. Последното ниво от типологията е непълно, тъй като само в два от екосистемните типове има диференциация на ниво 4. В това отношение типологията следва да се разглежда като отворена за по-нататъшно развитие с цел по-детайлна класификация на всички екосистемни типове. Новата схема с унифицирани кодове за използване при създаване на база данни в ГИС е разработена така, че на всяко ниво от типологията да отговаря съответния цифров код. Броя на цифрите в кода отговаря на номера на съответното ниво, една цифра за ниво 1, две цифри за ниво 2 и т.н.

3.2. Картиране на екосистемите в басейна на река Огоста

Актуализацията на пространствените данни за сладководните екосистеми е вторият основен резултат от това изследване. В процеса на картиране са обновени наличните полигони за сладководните екосистеми (реки и езера). В началото на процеса и преди обновяването техният брой е 76 с обща площ от 2.5 km². След процеса на обновяване с по-точни данни за пространственото разпределение на сладководните екосистеми, броят полигони възлиза на 622 с обща площ от 5.24 km².

В по-голямата си част, промените се касаят за появата на линейни обекти в горните течения на притоците, които преди обновяване на практика липсват в данните (Фиг. 1 - В и С). Детайлните изображения на фиг. 1 (D и E) ясно показват тези подобрения и по-добрата свързаност на притоците в басейна на р. Огоста.



Фиг. 1. Пространствено разпределение на екосистемите в горната част на басейна на р. Огоста. А - Карта на екосистемните типове, В и С - Приближен изглед на данните преди актуализацията в два участъка от района, D и E Приближен изглед на данните след промените.

4. Изводи

Интегрираното картиране на екосистемите чрез използване на единна пространствена рамка предлага решение на проблемите, свързани с различните източници на информация и несъответствията между типовете екосистеми от отделните методики [10]. Представената в този доклад интегрирана типология на екосистемите осигурява солидна основа за по-нататъшно развитие на интегрираното картиране на екосистемите, което е от особена важност за приложението му в басейновото управление на водите поради териториална обособеност на всички дейности. Типологията е развита изцяло до ниво 3 (подтип) и е отворена на ниво 4 за по-нататъшно развитие към по-детайлна класификация на всички екосистемни типове. Унифицираната система за кодиране дава възможност за по-удобна работа при разработване на пространствената основа за екосистемите в ГИС. Тестовото интегрирано картиране на екосистемите в басейна на р. Огоста дава обнадеждаващи резултати и може да се използва като пример за други подобни райони. То е приложено до ниво 3 от типологията, като предстои да се разработят подходи за картиране в по-голяма степен на детайлност на ниво 4 за сладководните и горските екосистеми.

Благодарности: Това изследване е проведено в рамките на проект INES (Интегрирана оценка и картиране на свързани с водите екосистемни услуги подпомагащи природно-базирани решения в управлението на речните басейни), финансиран от Национален фонд научни изследвания на Министерство на образованието и науката с договор № КП-06-Н-54/4.

Литература:

1. Maes, J, Teller A, Erhard M, et al. (2013) Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020. Publications office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2779/12398>
2. Maes, J, Teller A, Erhard M, et al. (2014) Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020. Publications office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2779/75203>
3. Erhard, M, Teller A, Maes J, Meiner A, et al. (2016) Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Mapping and assessing the condition of Europe's ecosystems: Progress and challenges. Publications office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2779/351581>
4. Maes, J, Teller A, Erhard et al. (2020) Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An EU ecosystem assessment. EUR30161 EN, Publications Office of the European Union, Ispra. ISBN 978-92-76-17833-0. <https://doi.org/10.2760/757183>
5. Burkhard, B, Santos-Martín F, Nedkov S, Maes J (2018) An operational framework for integrated Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES). *One Ecosystem* 3: e22831. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e22831>
6. Vihervaara, P, Viinikka A, Brander L, Santos-Martín F, Poikolainen L, Nedkov S (2019) Methodological interlinkages for mapping ecosystem services – from data to analysis and decision-support. *One Ecosystem* 4: e26368. <https://doi.org/10.3897/oneeco.4.e26368>
7. Geneletti, D, Adem Esmail B, Cortinovis C, Arany I, Balzan M, van Beukering P, Bicking S, Borges PA, Borisova B, Broekx S, Burkhard B, Gil A, Inghe O, Kopperoinen L, Kruse M, Liekens I, Lowicki D, Mizgajski A, Mulder S, Nedkov S, Ostergard H, Picanço A, Ruskule A, Santos-Martín F, Sieber IM, Svensson J, Vačkářů D, Veidemane K (2020) Ecosystem services mapping and assessment for policy- and decision-making: Lessons learned from a comparative analysis of European case studies. *One Ecosystem* 5: e53111. <https://doi.org/10.3897/oneeco.5.e53111>
8. Bratanova-Doncheva, S, Chipev N, Gocheva K, Vergiev S, Fikova R. (2017) Methodological framework for assessment and mapping of ecosystem condition and ecosystem services in Bulgaria. Conceptual basis and principles of application. Clorind, Sofia, 48 pp.
9. Petkova, G, Prodanova H, Stoycheva V (2022) Analysis of the national ecosystem database of Bulgaria: (Mis)matches with the MAES framework. *Journal of the Bulgarian Geographical Society* 47: 73–82. <https://doi.org/10.3897/jbgs.e99268>
10. Nedkov, S, Ananiev I, Prodanova H, Stoycheva V (2023) Integrated mapping of ecosystems and assessment of forest ecosystem services at river basin scale. *Silva Balcanica* 24(3): 43–60. <https://doi.org/10.3897/silvabalcanica.24.e115856>
11. Brown, C, Burns A, Arnell A (2018) A Conceptual Framework for Integrated Ecosystem Assessment. *One Ecosystem* 3: e25482. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e25482>