



Мониторинг на водния цикъл в карстови геосистеми и интеграцията му в методическата рамка за оценка на екосистемните услуги

Доклад за междинен резултат Д5.3.2

2 май 2023

Автори:

Христина Проданова, Петър Стефанов, Ваня Стойчева, Гергана Петкова

- INES -

Интегрирана оценка и картиране на свързани с водите
екосистемни услуги подпомагащи природно-базирани решения
в управлението на речните басейни

Разработен по проект финансиран от Фонд за научни изследвания–МОН
Договор № КП-06-Н-54/4
Конкурс за финансиране на фундаментални научни изследвания – 2021

Проект: **Интегрирана оценка и картиране на свързани с водите екосистемни услуги подпомагащи природно-базирани решения в управлението на речните басейни (INES)**
Начало: 16 ноември 2021 г.
Продължителност: 36 месеца
Ръководител: Проф. д-р Стоян Недков
Уебсайт: <https://inesproject.com/bg/>

Заглавие на доклада: **Мониторинг на водния цикъл в карстови геосистеми и интеграция в методическата рамка за оценка на екосистемните услуги**

Индекс на доклада: Д5.3.2
Вид на доклада: Научна публикация
Ниво на разпространение: Обществен
Отговорен РП: РП5

Цитиране Бълг.: Проданова Х, Стефанов П, Стойчева В, Петкова Г (2023) Мониторинг на водния цикъл в карстови геосистеми и интеграцията му в методическата рамка за оценка на екосистемните услуги. Доклад Д5.3.2. Проект INES, 11 с.

Цитиране Англ.: Prodanova H, Stefanov P, Stoycheva V, Petkova G (2023) Monitoring of water cycle in karst geosystems and its integration into ecosystem assessment framework. Deliverable D5.3.2. INES project, 11 p.

Срок за предаване: Месец 18
Предаден: Месец 18

Състояние на доклада:

Версия	Състояние	Дата	Автори
1.0	Чернова	10 януари 2023	Стойчева В
1.1	Чернова	30 март 2023	Проданова С, Стойчева В
1.2	Белова	25 април	Проданова С, Стефанов П, Стойчева В, Петкова Г

2.0

Публикуван

2 май 2023

Проданова С, Стефанов П,
Стойчева В, Петкова Г

Съдържание

1. Въведение	5
2. Мониторинг на водния цикъл на карстовите геосистеми.....	5
3. Регулиращи екосистемни услуги в карстови райони.....	6
4. Резюме на научната публикация.....	7
4.1. Въведение	7
4.2. Мониторинг на карстовите геосистеми.....	7
4.3. Материали и методи	7
4.3.1. Брестнишка карстова геосистема	7
4.3.2. Свързани с водите екосистемни услуги	8
4.4. Резултати и дискусия	8
4.4.1. Мониторингова система на Брестнишката карстова геосистема и нейното интегриране в оценката и картирането на екосистемните услуги	8
4.4.2. Перспективи за оценка и картиране на състоянието на екосистемите.....	9
4.4.2. Оценка и картиране на екосистемните услуги.....	9
4.5. Заключение	9
5. Пълен текст на научната публикация.....	10
Литература	10

1. Въведение

Оценката и картирането на екосистемните услуги са заложили като важен елемент в Европейската стратегия за биоразнообразие и се координират от създадената за нейното изпълнение работна група MAES към Европейската комисия. Създадената от групата методическа рамка е развита за България под формата на девет методики, покриващи деветте основни екосистемни типа. Чрез проект INES се развива тематиката за свързаните с водите екосистемни услуги, която досега не е разработвана в цялост за България. Основната цел на проекта е разработване на методическа рамка за картиране, моделиране и оценка на свързаните с водите екосистемни услуги (СВЕУ) с оглед прилагането на природно-базирани решения в дейностите свързани с управлението на водите. С реализирането на този проект, посредством интегриране на елементи от методиките за картиране и оценка на деветте отделни екосистемни типа и доразвиването им в частите, свързани с регулацията на хидроложки рискове и качество на водите, ще се разработи гъвкава методика, базирана на приложение на съвременни подходи за пространствени анализи и моделиране. Тази методика ще даде възможност да се оцени количествено прилагането на природно-базирани решения (NbS) за дейности като управлението на риска от наводнения, ерозия, смекчаване на последствията от климатичните промени и адаптиране към тях, смекчаване на влиянието на горещите вълни и на „островите на топлина“ в градската среда, и др.

В настоящия доклад се представя част от работата и междинните резултати по Дейност 5.3 Разработване на интегриран подход за оценка на СВЕУ. Основният продукт по Резултат 5.3.2. представлява научна публикация (Stefanov et al. 2023), която е публикувана на английски език в списание „Journal of the Bulgarian Geographical Society“ (вж. гл. 5). Резюме на статията е представено в гл. 4 на настоящия доклад.

2. Мониторинг на водния цикъл на карстовите геосистеми

Основна системообразуваща роля в карста има циркулацията на водите. Поради това, водният цикъл е важен обект в геосистемните и особено в екосистемните изследвания (Andreychouk and Stefanov 2021). Цирулацията на водата в карстовите геосистеми включва постъпване (валежни води, пониращи речни води и инфилтриращи и пониращи отпадни води, кондензни води), изпарение, транспорт (инфилтрация и инфлуация), акумулация във водоносни хоризонти, оттичане (карстови извори). Водният баланс на геосистемите е резултат от тези процеси и връзката между тях. Върху водния режим в карста влияят много фактори. Освен това карстовите геосистеми са високорискови за замърсяване на карстовите води. Системите от подземни кухни и канали правят транспортирането на замърсители до карстовите водоносни хоризонти изключително бързо, което не осигурява достатъчно време за самоочистване.

Не буди съмнение, че идентифицирането на системата от глобални промени, въздействащи върху карста, и на предизвиканите от тях проблеми в регионален и локален мащаб е колкото актуална, толкова и отговорна задача. Това касае и България, където карстът е широко разпространен (върху 1/4 от територията на страната) и е уникален по своето разнообразие. Това го прави своеобразна природна лаборатория за експериментиране на геосистемния

подход, който се прилага успешно от края на 20 в. (Andreychouk and Stefanov 2021)

На базата на изследователския опит Експерименталната лаборатория по карстология в НИГГГ-БАН разработи оригиналната научно-методологическа платформа ProKARSTerra. Тя е съобразена със системната същност на карста и всеобхватността на глобалните промени. Основни „стълбове“ на платформата са системният анализ, интегрираният мониторинг (МИКС) и специализираният кадастър (бази данни) на изследваните карстови геосистеми. Интегрираният Мониторинг на Карстовите Системи (МИКС) представлява непрекъснат процес на наблюдение и регистрация на параметрите, определящи състоянието на геосистемата (Stefanov 2013, 2020). Той осигурява и обективна информация за реакциите на въздействия – както антропогенни, така и различни екстремни природни явления и промени с глобален характер. Поради спецификата на подземната част на карстовите геосистеми в рамките на МИКС е разработен и Спелео-МИКС – интегриран мониторинг на пещерна карстова система (Stefanov 2013, 2020; Yordanova et al. 2013; Nojarov et al. 2022). Той обхваща почти всички показатели на пещерната среда, податливи на наблюдения и измервания. Те се осъществяват както експедиционно (в различни месеци и сезони и при екстремни ситуации), така и непрекъснато инструментално (вкл. с автоматични станции и изградени мрежи за мониторинг). МИКС е база за оригинални изследвания с акцент въздействието на глобалните промени върху карста, но и обратната връзка – ролята на карста в глобалните промени (Stefanov 2020).

В екологичен аспект, карстовите процеси съществено влияят на всички елементи на ландшафта и го преобразуват, формирайки специфична среда за обитаване от растения и животни и от човека. Във връзка с отворения характер на карстовите геосистеми и тяхната вещественно-енергетична взаимовръзка с обкръжаващите некарстови територии, влиянието на карста върху средата обикновено излиза извън границите на неговото развитие. При това се наблюдава закономерно увеличаване на радиуса на въздействие в зависимост от динамичността на елементите на природната среда. Класически пример за това е Брестнишката карстова геосистема

3. Регулиращи екосистемни услуги в карстови райони

Свързаните с водите екосистемни услуги, наричани още хидроложки услуги, се дефинират като ползите за хората, получени в следствие на влиянието на сухоземните екосистеми върху прясната вода (Brauman et al. 2007). Свързаните с водите екосистемни услуги са тези, които допринасят за водното количество и качество и регулират водния поток. Най-често като такива се определят регулация на водния поток (water flow regulation), пречистване на водите (water purification) и прясна вода (freshwater). Регулация на водния поток и пречистване на водите са регулиращи услуги, докато прясна вода е материална услуга. Културните екосистемни услуги не са разглеждани в настоящата работа. Освен това, услугата регулация на водния отток е разглеждана в два независими аспекта и е анализирана като две отделни услуги – регулация на наводнения (flood regulation) и подхранване на подземните води (groundwater recharge). От друга страна, услугата регулация на наводнения може да се разглежда също като част от услугата регулация на природни бедствия. Това показва необходимостта от гъвкавост при прилагането на типологии според нуждите на научното изследване или практиката. Тъй като в настоящето

изследване се цели задълбочен анализ на всички услуги, засягащи водния кръговрат, е приложена разширена типология, разглеждаща всички свързани с водите екосистемни услуги, дефинирани според международната класификация CICES.

4. Резюме на научната публикация

4.1. Въведение

Карстът е уникален природен феномен с широко разпространение (ок. 20% от земната суша) и с него пряко или косвено е свързан животът на милиони хора. Те предоставят ценни екосистемни услуги като прясна вода и богато биоразнообразие над и под земната повърхност, пещери със значителна рекреационна и културна стойност и почви, които осигуряват основа за селскостопанско производство (Goldscheider 2019). Но карстовите територии са едни от най-чувствителните и уязвимите както на природни, така и на антропогенни въздействия. Оценката на свързаните с водите екосистемни услуги е важен инструмент за постигане на устойчиво използване на тези територии с оглед както тяхното опазване, така и задоволяване на нуждите на хората. Тази дейност изисква разнообразни данни, свързани с различните елементи на водния цикъл. Тази статия има за цел да представи общ преглед на мониторинга на водния цикъл в карстовите геосистеми и възможностите за интегриране на данните от мониторинга в оценката на ЕУ за регулиране на водите.

4.2. Мониторинг на карстовите геосистеми

На базата на изследователския опит, Експерименталната лаборатория по карстология в НИГГГ-БАН разработи оригиналната научно-методологическа платформа ProKARSTerra. Тя е съобразена със системната същност на карста и всеобхватността на глобалните промени. Основни „стълбове“ на платформата са системният анализ, интегрираният мониторинг (МИКС) и специализираният кадастър (бази данни) на изследваните карстови геосистеми. Интегрираният мониторинг на карстовите системи представлява непрекъснат процес на наблюдение и регистрация на параметрите, определящи състоянието на геосистемата (Stefanov 2013, 2020).

В екологичен аспект, карстовите процеси съществено влияят на всички елементи на ландшафта и го преобразуват, формирайки специфична среда за обитаване от растения и животни и от човека. Във връзка с отворения характер на карстовите геосистеми и тяхната веществено-енергетична взаимовръзка с обкръжаващите некарстови територии, влиянието на карста върху средата обикновено излиза извън границите на неговото развитие. При това се наблюдава закономерно увеличаване на радиуса на въздействие в зависимост от динамичността на елементите на природната среда. Класически пример за това е Брестнишката карстова геосистема.

4.3. Материали и методи

4.3.1. Брестнишка карстова геосистема

Брестнишката карстова геосистема е формирана във водосбора на р. Вит и е типичен представител на класическия тип карст. Площта ѝ се определя на около 60 km², което включва 26 km² затворена безотточна територия (Stefanov 2020). Според най-новите климатични изследвания, отчитащи глобалните

промени, климатът в Брестнишката карстова геосистема е от нископланински тип в преходната зона между умерен и субтропичен (средиземноморски) климат (Nojarov 2020). Брестнишката карстова геосистема обхваща територии с различни типове земеползване, в които се извършват разнообразни стопански дейности: земеделие, животновъдство, дърводобив, добив на строителни материали (кариери за варовици и мергели), промишлено производство, туризъм. Всички те пряко или косвено въздействат върху циркулацията и замърсяването на карстовите води. През 2019-2020 г., през карстовата геосистема се изгради и новия участък на автомагистрала „Хемус“. В границите на геосистемата има само две защитени карстови територии с ограничена площ: Природна забележителност „Съева дупка“ (20 ха, обявена през 1962 г.) и Природна забележителност „Глава Панега“ (1,5 ха, обявена през 1966 г.). От 4 юни 1967 г. Съева дупка е отворена и за туристически посещения.

4.3.2. Свързани с водите екосистемни услуги

Оценката на състоянието на екосистемите в методическата рамка за картографиране и оценка на екосистемите в България се базира на концепцията за цялост на екосистемата. Ключовите индикатори за оценка на състоянието в методическата рамка трябва да позволяват: i) представяне на ключови елементи на целостта на екосистемата; ii) висока чувствителност към промените в околната среда; iii) критично значение за моделирането на околната среда (Bratanova-Doncheva et al. 2017). Предложеният набор от индикатори се състои от пет основни групи индикатори, включително биотична хетерогенност, абиотична хетерогенност, енергиен баланс, баланс на веществата и воден баланс. В нашия случай, най-важните индикатори са от групата на водния баланс, но могат да се използват и конкретни индикатори от другите групи. За това проучване са избрани набор от индикатори за състояние, свързани повече или по-малко със СВЕУ, които да се използват за анализи на изискванията и наличността от данни, които може да се осигурят от мониторинга на карста.

Оценката на екосистемните услуги се основава на връзката между екосистемните компоненти и процеси, от една страна, и екосистемните услуги, от друга. Необходими са индикатори, за да се опише тази връзка количествено (de Groot et al. 2010; Rendón et al. 2022). Методическата рамка за картографиране и оценка на ЕС в България предоставя разнообразни индикатори, тъй като те се различават значително между различните видове екосистеми. За това проучване са избрани набор от индикатори, свързани със СВЕУ, по аналогия с тези за състоянието на екосистемите. Въпреки това, за някои услуги, като разреждане от сладка вода и течни потоци, нямаше подходящи индикатори. Поради това бяха избрани допълнителни индикатори от доклада на MAES за картографиране и оценка на екосистемите на европейско ниво (Maes et al. 2014).

4.4. Резултати и дискусия

4.4.1. Мониторингова система на Брестнишката карстова геосистема и нейното интегриране в оценката и картирането на екосистемните услуги

Системата за мониторинг на Брестнишката карстова геосистема предоставя данни за анализи на водния цикъл, които могат да се използват при оценката на свързаните с водите екосистемни услуги. Най-подходящата услуга е регулирането на водните потоци, чиято оценка изисква различни параметри, които обикновено не са налични в свободнодостъпните източници.



Интегрирането на измерените параметри на водата в подхода за оценка изисква задълбочени анализи на водния кръговрат в карстовата геосистема и разработване на концептуален модел за оценка на екосистемните услуги.

От екологична гледна точка карстовите процеси оказват значително влияние върху всички елементи на ландшафта, което води до неговата трансформация и формиране на специфични местообитания за растения и животни, както и специфични условия за живот на човека. В същото време, карстовите геосистеми са отворени системи, които определят обмена на енергия и материя с околните не-карстови райони. Следователно въздействието на карстовите процеси надхвърля самата карстова геосистема. Наблюдава се и нарастваща степен на това въздействие поради динамиката на елементите на околната среда (Andreychouk and Stefanov 2021). Брестнишката карстова геосистема е типичен пример за такова въздействие, което осигурява възможност за разширяване на обхвата на проучванията и по-добра интеграция в цялата рамка за оценка на ЕС.

4.4.2. Перспективи за оценка и картиране на състоянието на екосистемите

Оценката и картографирането на състоянието на екосистемите показват, че повечето индикатори не са подкрепени с надеждни данни. Преобладава червения цвят на категорията с ниско качество. Това показва, че повечето от индикаторите не могат да бъдат оценени от съществуващата система за мониторинг, но могат да бъдат включени в бъдеще чрез подобряване на обектите за мониторинг на карстовата геосистема. Като цяло оценката е по-добре осигурена от картографирането, което е очаквано и е продиктувано от факта, че системата се състои само от точкови източници. Картографирането на състоянието на екосистемата изисква пространствени данни, които могат да бъдат генерирани чрез използване на геопропространствени технологии.

4.4.3. Оценка и картиране на екосистемните услуги

Анализите на изискванията за данни и тяхната наличност за оценка и картографиране на екосистемните услуги показват малко по-добри перспективи в сравнение с тези за оценката на състоянието на екосистемите. Три показателя за оценка на ЕУ са определени с етикет за високо качество: концентрация на замърсители във водата; съхранение на вода; и химическо състояние. Десет индикатора са оценени със среден етикет за качество (седем за състояние на екосистемата). Най-трудната услуга за оценка и картографиране е регулацията на течните потоци (liquid flow) където всички етикети са в червено или сиво, като това е услугата с по-малко индикатори, открити в наличните литературни източници.

4.5. Заключение

Системата за карстов мониторинг на Експерименталната лаборатория по карстология е добре развита и обхваща основните типове на тези уникални природни феномени в България. Мониторингът предоставя надеждна информация за реакциите на системите към различни въздействия като антропогенен натиск, екстремни природни събития и глобални промени. Това изследване предоставя необходимите данни за формулиране на индикатори за осигуряване на екосистемни услуги. Управленският аспект осигурява връзката с човешкото благосъстояние и възможностите за анализ на търсенето на ЕУ.

Аспектът на образованието и обучението допълва процеса на оценяване с участието на крайните потребители.

Резултатите от дългосрочния интегриран мониторинг в Брестнишката карстова геосистема (особено на карстовите води) поставят основата за важни изводи и модели за генезиса и функционирането на карста, засегнати от глобалните промени и активния антропогенен натиск. Интегрирането им в методическата рамка за оценка и картографиране на екосистемните услуги е важна стъпка към разработването на модели за устойчиво използване на природните ресурси в карстовите райони. Карстовите геосистеми функционират като отворени системи, които имат активен обмен на енергия и материя с околната среда, а не с карстови райони. Това обуславя влиянието на карстовите процеси извън карстовата геосистема, чиито мащаби нарастват поради динамиката на околната среда. Брестнишката карстова геосистема е типичен пример за въздействие, което осигурява възможност за разширяване на обхвата на проучванията и по-добро интегриране в цялата рамка за оценка на екосистемните услуги.

5. Пълен текст на научната публикация

Пълният текст на научната публикация може да бъде достъпен на адрес: <https://doi.org/10.3897/jbgs.e101301>

Литература

- Andreychouk V, Stefanov P (2021) Some methodological remarks concerning of karst studies from the system approach perspective. Problems of geography 1: 12-24. <https://doi.org/10.35101/prg-2021.1.2> (in Bulgarian)
- 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 bases and principles of application. Clorind, Sofia, 48 pp. ISBN:978-619-7379-21-1
- Brauman KA, Daily GC, Duarte TK, Mooney H (2007) The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. Annual Review of Environment and Resources 32: 67-98.
- De Groot R, Alkemade R, Braat L, Hein L, Willemen L (2010) Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological Complexity 7: 260-272. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>
- Goldscheider NA (2019) A holistic approach to groundwater protection and ecosystem services in karst terrains. Carbonates Evaporites 34: 1241–1249. <https://doi.org/10.1007/s13146-019-00492-5>
- Maes J, Teller A, Erhard M et al. (2014) Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Indicators for ecosystems assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020. 2nd MAES report. Publications office of the European Union, Luxembourg, 80 pp. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/75203>

- Nojarov P (2020) Climate and its changes over the period 1979-2018 in selected model karst regions in Bulgaria. *Problems of Geography* 4: 11-28. <https://doi.org/10.35101/PRG-2020.3.2>
- Rendón P, Steinhoff-Knopp B, Burkhard B (2022) Linking ecosystem condition and ecosystem services: A methodological approach applied to European agroecosystems. *Ecosystem Services* 53: 101387. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101387>
- Stefanov P (2013) The model "Speleo-MIKS Biserna". In: Proceeding papers of the Second International Conference "Geographical Sciences and Education", Shumen (Bulgaria), November 2013. Univ. ed. „Episkop Konstantin Preslavsky”, Shumen, 34-48.
- Stefanov P (2020) International Scientific and Practical Forum "Protected Karst Territories – Legislation, Tourism, Monitoring" (ProKARSTerra`2019). *Problems of Geography* 3: 3-10. <https://doi.org/10.35101/PRG-2020.3.1> (in Bulgarian)
- Stefanov P, Prodanova H, Stefanova D, Stoycheva V, Petkova G (2023) Monitoring of water cycle in karst geosystems and its integration into ecosystem assessment framework. *Journal of the Bulgarian Geographical Society* 48: 15-26. <https://doi.org/10.3897/jbgs.e101301>
- Yordanova M, Stefanov P, Stefanova D, Mikhova D, Ilieva N, Borisova D (2013) Development of an experimental model of complex monitoring for sustainable development and management of protected karst territories (ProKARSTerra). Report of a research project of the NSF (contract № 02.260 / 18.12.2008), S., Archive NIGGG – BAS. (in Bulgarian)

