



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЕКОСИСТЕМНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

БИЛЯНА РИМЧЕСКА

**ТИПОЛОГИЯ И ОЦЕНКА НА ЕКОЛОГИЧНОТО СЪСТОЯНИЕ НА
ПЛАНИНСКИ И ПОЛУПЛАНИНСКИ РЕКИ, БАЗИРАНА НА
МАКРОЗООБЕНТОСНИТЕ СЪОБЩЕСТВА – ПРОУЧВАНЕ НА БАЛКАНИТЕ**

**[Typology and ecological status assessment of hilly-mountainous watercourses based on
aquatic macroinvertebrates - the Balkan Peninsula case study]**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за придобиване на научна и образователна степен
„ДОКТОР“

Научна специалност:
06.01.11 Хидробиология

Научен ръководител:
доц. д-р Янка Видинова

София, 2023 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на заседание на разширения състав на научния колегиум на отдел „Водни Екосистеми“ при Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания при Българската академия на науките, състояло се на 14.07.2023г.

Дисертационният труд съдържа 80 страници общ текст и приложение от 5 публикации по темата на дисертацията, съдържащи основните резултати. Литературният списък към общия текст съдържа 151 източник, от които 14 на кирилица и 137 на латиница.

Защитата ще се състои на 30.10.2023 г. (понеделник) от 10.00 ч. в заседателната зала на ИБЕИ - БАН, на адрес: София, ул. „Майор Юрий Гагарин“ № 2

НАУЧНО ЖУРИ

Назначено със заповед на Директора на ИБЕИ-БАН № 58/28.07.2023 г., в състав:

Вътрешни членове:

1. доц. д-р Емилия Добринова Варадинова (ИБЕИ – БАН)
2. доц. д-р Янка Видинова (ИБЕИ – БАН) – научен ръководител на докторанта

Външни членове:

3. проф. д-р Йордан Узунов (пенсионер)
4. доц. д-р Лидия Сакелариева (ЮЗУ „Неофит Рилски“)
5. доц. д-р Николай Симов (НПМ-БАН)

Резервни членове:

1. доц. д-р Лъчезар Златев Пехливанов, ИБЕИ-БАН - вътрешен член
2. доц. д-р Гана Минкова Гечева, ПУ „Паисий Хилендарски“ - външен член

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЕКОСИСТЕМНИ
ИЗСЛЕДВАНИЯ

БИЛЯНА РИМЧЕСКА

**ТИПОЛОГИЯ И ОЦЕНКА НА ЕКОЛОГИЧНОТО СЪСТОЯНИЕ НА
ПЛАНИНСКИ И ПОЛУПЛАНИНСКИ РЕКИ, БАЗИРАНА НА
МАКРОЗООБЕНТОСНИТЕ СЪОБЩЕСТВА – ПРОУЧВАНЕ НА
БАЛКАНИТЕ**

[Typology and ecological status assessment of hilly-mountainous watercourses based on
aquatic macroinvertebrates - the Balkan Peninsula case study]

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за придобиване на научна и образователна степен
„ДОКТОР“

Научна специалност:
06.01.11 Хидробиология

Научен ръководител:
доц. д-р Янка Видинова

София, 2023 г.

ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ

БЕК	Биологични елементи за качество
EP6	Екорегиян 6 - Гръцки Западни Балкани
EP7	Екорегиян 7 - Източни Балкани
EP12	Екорегиян 12 - Понтийска Провинция
ЕС	Европейски съюз
МВЕЦ	Малка Водноелектрическа централа
МЗБ	Макрозообентос
РДВ	Рамкова директива за водите (Directive 2000/60/EO)
ASPT	Average Score Per Taxon
BI	Биотичен Индекс (Biotic index)
BMWP	Biological Monitoring Working Party
EPT	Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera
EQ	Екологично състояние (Ecological Quality)
R3	Планински речен тип в EP7
R5	Полупланински речен тип в EP7
DF	Детритофаги (<i>deposit feeders</i>)
EQR	Коефициент на екологично качество
GDS	General Degradation Score - Общ индекс на деградация
ITC	Index of Trophic Completeness
RETI	Rhithron Feeding Type Index
SC	Гризещи, остъргващи (<i>scrapers</i>)
SH	Раздробяващи субстрата (<i>shredders</i>)

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Идеята за биологично окачествяване на водите датира още от средата на XIX век, когато учени откриват биоиндикаторната способност на някои водни организми. Въз основа на изследванията в тази насока, се заражда сапробиологията като част от хидробиологичната наука. Особено ценен принос в изследването на биоиндикаторните свойства на водните организми има разработването на Сапробната система в началото на XX век. В последствие възникват много и разнообразни модификации на сапробната система, базирани на водни биоценози. Разработват се и редица методи, основани на структурните показатели/индекси, както и биотични такива, даващи интегрална оценка за състоянието на водните екосистеми. Приемането на Рамковата директива за водите (РДВ) от Европейския съюз се явява естествено продължение на стремежа за установяване на устойчива политика по отношение опазването на водите в Европа. За пръв път се въвежда единна система, в която се определя водеща роля на биологичните елементи при оценката на състоянието на повърхностните води, но също така се изисква прилагане на екосистемен подход в управлението на водите. С цел унифициране на процеса и осигуряване на сравнимост на резултатите, се въвежда обща скала за оценка на екологичното състояние и единна четиристепенна система за класифициране на водните екосистеми (екорегиони, категории, типове, водни тела). Прилагането на „типологизацията“ дава възможност за групиране на повърхностни водни тела със сходни хидроморфологични характеристики в общ тип с цел оценяването им по сходен начин (Приложение II на РДВ, съответно система А или Б). Съгласно терминологията на РДВ и Европейската агенция за околната среда, екологичното състояние е оценка на качеството на структурата и функционирането на повърхностните водни екосистеми.

Използването на макробезгръбначните в биологичното окачествяване на водите се основава на тяхната чувствителност към дългосрочните промени във водната среда, за разлика от физичните и химичните показатели, отчитащи моментното състояние на водата. Те са важен индикатор за състоянието на реките и тяхното присъствие или отсъствие е показателно при определяне на екологичното им състояние, поради което са съществен компонент в речния мониторинг. В Приложение V на РДВ, бентосната безгръбначна фауна е включена като биологичен елемент за качество при определяне на екологичното състояние на водните тела. Биологичният мониторинг е сред дейностите, имащи отношение към екологичната класификация на реките и езерата,

независимо дали става дума за хидроморфологични изменения. Всичките имат изразен отрицателен ефект върху дънните макробезгръбначни, особено в малките водосбори на планинските и полупланинските реки.

Използването на унифициран биотичен индекс за оценка на качеството на водите е трудно приложимо поради спецификите в географско разпространение на организмите, а също и в резултат на типологичните характеристики на реките. Поради това се използват различни биотични индекси, като прилагането им в отделните европейски региони изисква известна адаптация, не само защото част от макробезгръбначните може да липсват в някои екорегии, но също така и поради различния толеранс на видовете към промените в околната среда.

За разлика от други европейски страни, в С. Македония понастоящем липсва работеща система за оценка състоянието на реки и езера, базирана на макробезгръбначни животни. Класификацията на повърхностните водни обекти в страната се основава главно на физични, химични и хидроморфологични (представящи неживата част от водните екосистеми) елементи, докато потенциалът на дънната фауна като надежден индикатор за качеството на водата се пренебрегва.

Предмет на настоящото изследване са макрозообентосни съобщества от полупланински и планински реки (съгласно типология Б) от няколко балкански държави и оценката на екологичното състояние на изследваните обекти в контекста на РДВ.

2. ЛИТЕРАТУРЕН ПРЕГЛЕД

2.1. Основни акценти в развитието на Европейското водно законодателство

Водното законодателство на Европейския съюз (ЕС) е едно от най-старите, най-развитите и прогресивни в областта на екологичната политика (Josefsson, 2012), където Рамковата директива за водите (РДВ) (Directive 2000/60/EO) е от първостепенно значение. Въпреки значителните усилия, положени за координиране на прилагането на РДВ в държавите-членки на ЕС, процесът на изпълнение е много предизвикателен и напредъкът към постигане на целите на директивата и подобряване на екологичното състояние на водите в Европа е бавен процес (European Commission, 2012; 2016).

При оценката на състоянието на водните тела самата директива определя водещата роля на основните *биологични елементи за качество* (БЕК), които се използват при класификацията на екологичното състояние. Дънните безгръбначни животни (макрозообентос), в продължение на повече от един век се използват като ключови индикатори, като съставът и структурата на съобществата са отражение на условията в околната среда.

Уникалността на РДВ се определя от това, че за първи път се въвежда единна система на повърхностните водни тела в зависимост от техните екологични характеристики, която разпределя водните тела в няколко групи, подредени в строга субординация: *Екорегиян, Категория, Тип и Водно тяло*. Според Приложение II от директивата, типологията се осъществява по два начина: **Типология по Система А** и **Типология по Система Б**. Подробната класификация на типологията на реките в България е представена в работата на Чешмеджиев и кол. (2013), където отделните характеристики са описани за всеки тип реки и езера, принадлежащи към екорегииони 7 и 12. Територията на България попада в два екорегииона - **екорегиян 12** (Понтийска Провинция) и **екорегиян 7** (Източни Балкани). Реките в екорегиян 12 са отнесени към следните типове: **R2, R4, R7, R8, R9, R10, R11** и **R16**; а в екорегиян 7 - речни типове **R3, R5, R12, R13** и **R14**. Общи за двата екорегииона са типовете **R1** и **R15**. Територията на С. Македония също попада в два екорегииона- **екорегиян 6** (Гръцки Западни Балкани) и **екорегиян 7** (Източни Балкани). Имайки предвид полупланинския и планински характер на релефа в С. Македония, за да се определи максималния обхват от национални типове, които съответстват по своите характеристики на национален тип R3 (Планински) и R5 (Полупланински) реки на територията на EP7 в България, е направено разпределение на разпространението и на двата типа, които попадат в екорегииони EP6 и EP7 от С. Македония.

2.2. Биотични индекси - BMWP, ASPT, BI

Понастоящем използването на макробезгръбначните е съществен компонент в речния мониторинг, основавайки се на тяхната чувствителност към дългосрочните промени във водната среда (Rosenberg & Resh, 1993). За целта се използват редица индекси които обхващат отрицателния ефект от замърсителите върху дънните

макробезгръбначни. Прилагането на унифициран биотичен индекс в рамките на Европа е затруднено, поради спецификите в географско разпространение на организмите и биотиположката разлика между реките (Korycińska & Krolak, 2006). BMWP дава информация както за таксономичното богатство на бентосната безгръбначна фауна, така и за толерантността на определените видове към замърсяване. Произведен на него е ASPT (Armitage et al., 1983). В България понастоящем за определяне качеството на водите се използва модификация на Ирландския биотичен индекс, адаптирана за условията на страната (Янева и Чешмеджиев, 1999). Понастоящем единствено ВІ и Общ брой таксони са нормирани в Наредба № Н-4/2013 при оценка на Екологично състояние на речни екосистеми, базирана на МЗБ. С въвеждане на РДВ се налага използване на биотичните индекси BMWP и ASPT, които дават интегрална оценка за екологичното състояние на водните екосистеми. Отчитайки малкия брой мониторингови дейности с прилагане на препоръките на РДВ до момента в С. Македония, се налага необходимостта за повече изследвания и обхващане на по-голям брой водни тела.

3. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

3.1. Цел, задачи и работна хипотеза

Целта на дисертационния труд е да се класифицират съгласно критериите на РДВ планински и полупланински речни участъци от Балканския полуостров (Екорегии 5, 6 и 7), като се определи екологичното им състояние посредством биотични, трофични и ценотични индекси, базирани на макрозообентоса като БЕК.

За постигането на тази цел са поставени следните изследователски задачи:

- Да се проучи видовия състав на макрозообентосната фауна на различни типове течащи водоеми (планински и полупланински реки) от територията на България и С. Македония;
- Да се извърши детайлен анализ на структурата на бентосните съобщества с помощта на структурните индекси за индивидуално (H) и общо видово разнообразие (d), изравненост (e) и доминантност (c) и на трофичната структура, характерна за планински и полупланински реки;

- Да се типологизират изследваните реки според изискванията на РДВ;
- Да се оцени екологичното състояние на изследваните водни тела въз основа на макрозообентоса, чрез прилагането на биологични метрики (брой ЕРТ таксони) и индексите BMWP, ASPT и BI;
- Да се направи сравнение на различни типове водни тела (планински и полупланински реки) в различни райони на изследване на Балканския полуостров въз основа на данните за разнообразието на МЗБ;
- Да се определят пунктове с референтни или близки до референтните условия от региона на изследване за речни типове R3 и R5 от съседни страни (напр. С. Македония) според изискванията на РДВ с методи, използващи БЕК МЗБ.

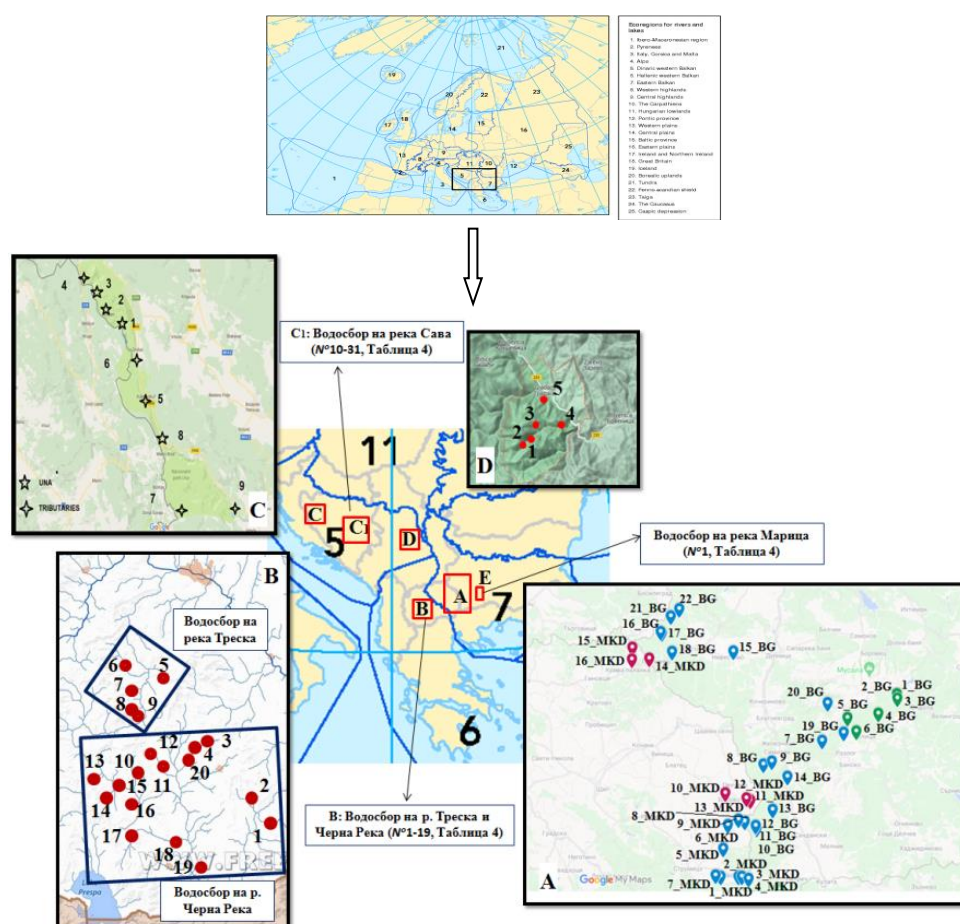
Въз основа на гореизброените задачи е поставена и работната хипотеза със следните елементи:

Очаква се съставът и структурата на макробезгръбначната фауна в различни типове течащи водоеми (планински и полупланински реки) за района на изследване да се различават значително. Прилагането на различни биологични метрики и индекси ще има като следствие различни оценки на екологичното състояние на изследваните водни тела, определено по БЕК макрозообентос. Референтните условия и за двата типа изследвани повърхностни води да се различават незначително. Разликите във фаунистичния състав на дънните биоценози ще е основата при определяне на принадлежността им към даден екорегиян, поради което е възможно изместване на хидрофаунистичните граници за ЕР7 за територията на С. Македония.

4. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

4.1. Район на изследване

Материалите за настоящето изследване са събрани в екорегииони 5, 6 и 7 от различни водоеми (водосбори) в България, С. Македония, Сърбия и Босна и Херцеговина (Фигура 1). За изпълнение на целите на настоящето изследване, източниците на допълнителните анализирани данни са представени в Таблица 4. Изборът на общия брой изследвани пунктове, както и общия брой на включените проби по водосбори от изследваните екорегииони, приложени в тази дисертация, са представени в Таблица 5.



Фигура 1: Схематична карта на изследваните райони/пунктове: *Екорегиион 5* (EP5) - Динарски Западни Балкани, *Екорегиион 6* (EP6) - Гръцки Западни Балкани и *Екорегиион 7* (EP7) - Източни Балкани. Легенда: А: Червени пинчета - водосбор на Вардар, сини пинчета - водосбор на Струма, зелени пинчета - водосбор на Места (EP7); В: Пунктове 1-4 и 10-20 водосбор на Черна Река, пунктове 5-9 водосбор на р. Треска (EP6); С: Избрани пунктове от водосбора на р. Уна (EP5); С1: Избрани пунктове от водосбора на р. Сава (EP5); D: Избрани пунктове от водосбора на р. Сава - р. Колубара (EP5); Е: Избрани пунктове от водосбора на р. Марица (EP7).

Таблица 4: Обобщена таблица за използвани данни от изследователски проекти по темата на докторантурата, вкл. допълнителни проекти, свързани с разработката.

<p>I.</p> <p>Изследователски проект по програма „Млади учени“</p>	<p>1. Приложимост на биотичните индекси BMWP и ASPT при определяне на екологичното състояние на планински и полу-планински реки от Егейския водосбор на 7-ми екорегиян (Източни Балкани) посредством БЕК макрозообентос - Договор № ДФНП-17-108/28.07.2017 г. - България/ С. Македония.</p>
	<p>2. Мониторинг на водосбора на река Колубара - За нуждите по темата на дисертацията (2015 г.) - Сърбия</p>
<p>II.</p> <p>Допълнителни проекти, чиито данни са използвани в дисертацията</p>	<p>1. “Ispitivanje kvaliteta površinskih voda na području sliva rijeke Save u f BiH” (Prva serija istraživanja), January 2006, Sarajevo - Босна и Херцеговина;</p>
	<p>2. Monitoring and evaluation of the quality of the environment based on aquatic macroinvertebrate fauna from Orevechka Reka River and Prilepsko Ezero Reservoir (2011/12) - С. Македония</p>
	<p>3. Регулярен мониторинг на река Очушница (2018 г.) - България</p>

Таблица 5: Обобщено представяне на общия брой изследвани пунктове и общия брой на включените в анализите проби по водосбори, страни и екорегияни.

Страна	Река/Водосбор	Екорегиян	Брой пунктове	Брой проби
България	Места	7	6	11
България	Струма	7	16	27
България	Марица	7	1	2
С. Македония	Струма	7	9	17
С. Македония	Вардар	7	7	14
С. Македония	Черна Река	6	14	31
С. Македония	Треска	6	5	5
Сърбия	Сава	5	5	5
Босна и Херцеговина	Уна	5	9	9
Босна и Херцеговина	Сава	5	22	22
Общо			94	143

4.2. Пробонабиране на макрозообентос

Макрозообентосните проби са събирани съгласно приетата стандартна процедура (EN ISO 10870: 2012): хидробиологична ръчна мрежа, по адаптиран вариант на kick & sweep мултихабитатния метод (Cheshmedjiev et al., 2011) и хидробиологично сито за пясъчен и тинест субстрат. Пробите са фиксирани с 96% етилов алкохол, а се съхраняват в 80% етанол за дълготрайно съхранение.

4.3. Лабораторна обработка на пробите

Обработката на събраните проби включва следните етапи:

i) Промиване и чистене на пробите (отделяне на бентосните животни от субстрата) и последващо сортиране на организмите по систематични групи;

ii) Частична таксономична детерминация до родово или видово ниво на повечето от установените систематични групи и отчитане на обилието на таксоните на база на относителна им численост в пробата (в %);

iii) Номенклатурата на макробезгръбначните таксони следва като цяло Fauna Europaea (de Jong et al., 2014). Таксономичната детерминация е извършвана по наличните определителни ключове за отделните групи по: Hrbáček (1980), Nagel (1989), Waringer & Graf (2011), Bauernfeind & Soldan (2012), DeWalt et al. (2020), и др.

4.4. Методи за анализ

Степента на хидроморфологична деградация на изследваните пунктове е оценена *in situ* с примена на Общия индекс на деградация (GDS).

Анализът и интерпретацията на данните, получени в резултат от изследването, са извършени с прилагане на многомерни математически анализи за оценка и прогнозиране на поведението на изследваните структурни и функционални параметри на водните съобщества и на техните взаимодействия с факторите на средата, като:

- Анализ на качествения състав и количествените съотношения на бентосните съобщества;
 - Общ брой таксони (S);
 - Численост/Обилие (N);

- Относителна численост (%);
 - Alpha (α) - разнообразие;
 - Beta (β) – разнообразие и индекса на β -разнообразие;
 - Gamma (γ) - разнообразие.
- Структурата на бентосните съобщества с помощта на следните структурни индекси:
- *Индекс за индивидуално видово разнообразие - H* (Shannon&Weaver, 1949);
 - *Индекс за общо видово разнообразие - d* (Margaleff, 1958);
 - *Индекс за изравненост - e* (Pielou, 1966);
 - *Индекс за доминиране - c* (Simpson, 1949);
 - *Индекс за видово сходство - SJ* (Jaccard, 1908);
 - *Sørensen индекс - QS%* (Marczewski & Steinhaus, 1959);
 - *Честота на срещане - pF (%)* (De Vries, 1937).
- Анализът на трофичните функционални групи е според класификацията по Чешмеджиев и Варадинова (2013). Всички таксони на МЗБ са отнесени към следните функционални групи: раздробяващи (SH) и гризещи (SC) субстрата; филтратори (FL), събирачи (CL), детритофаги (DF), хищници (PR) и паразити (PA).
- Екологичното Състояние на речните екосистеми е определено с помощта на няколко биотични индекси:
- BMWP (Biological Monitoring Working Party) (Armitage et al., 1983);
 - ASPT (Average Score per Taxon) (Armitage et al., 1983);
 - EPT (Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera);
 - BI - Адаптиран Биотичен Индекс (Янева и Чешмеджиев, 1999);
 - RETI (Rhithron Feeding Type Index) (Чешмеджиев и Варадинова, 2013);
 - ITC (Index of Trophic Completeness) (Pavluk et al., 2000).
- Статистически методи: При анализа на получените данни е използвана описателна статистика (медиана, диапазон и интерквартилни диапазони) в MS Excel 2010, както и статистическите програми: Statistica 7 (Statsoft, 2006),

Statistica 13.0 (TIBCO Software Inc., 2017), PRIMER-E v.6 (Clarke & Gorley, 2006) и CANOCO 5.0 (Ter Braak & Šmilauer 2012), както следва:

- Клъстерен анализ - Euclidean distance, Complete linkage, Ward's method;
- Kolmogorov-Smirnov, Монте Карло (Monte Carlo) и Kruskal-Wallis Test;
- Корелация на Pearson;
- ССА (Canonical Correspondence Analysis), анализ на главните компоненти (PCA), множествена линейна регресия, PERMANOVA, dbRDA (Distance based redundancy analysis) и MDS (multidimensional scaling).

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

5.1. Таксономичен състав и трофична структура на бентосните съобщества в планински и полупланински реки от различни екорегioni

Rimcheska, B., Vidinova, Y. 2023. Diversity and structure of macroinvertebrate communities in permanent small streams and rivers in Eastern Balkans. In: Small Waterbodies in the Landscape. Guest editors: Kelly-Quinn, M., Biggs, J., Jones, I. J. & Riley, W. D. *Hydrobiologia* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05004-6>

Bakrac, A., Rimceska, B., Bilbija, B., Atanackovic, A., Dzaferovic, A., Nikolic, V., Markovic, V. 2021. Aquatic Macroinvertebrates Diversity in the Upper Stretch of Una River (Una National Park, SW Bosnia and Herzegovina). *Ecologia Balcanica*, 13(1): 131-141.
https://radar.ibiss.bg.ac.rs/bitstream/handle/123456789/4282/bitstream_8635.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rimcheska, B., Vidinova, Y., Varadinova, E. 2022. Trophic Structure of Macrozoobenthos in Permanent Streams in the Eastern Balkans. *Diversity*, 14(12): 1121.
<https://doi.org/10.3390/d14121121>

5.2. Екологично състояние на изследваните участъци, оценени посредством различни биотични индекси

Rimcheska, B., Vidinova, Y. 2018. Ecological status assessment of mountainous and semi-mountainous streams via different biotic indices based on benthic macroinvertebrates - the case study of Macedonian-Bulgarian cross-border territory. 11th Seminar of Ecology-2018, Sofia, Bulgaria, Proceedings, 26-27 April: 32-38p. https://0d04ede3-6043-473f-8e2a-bd61bdb5c10f.filesusr.com/ugd/16129b_60a4885c040a48ce8b3edf8fe8d46771.pdf

Rimcheska, B., Vidinova, Y. 2020. Ecological Status Assessment of Mountain and Semi-mountain Streams in the Aegean Watershed: Applicability of Biotic Indices BMWP and ASPT Based on Macroinvertebrates. Acta zool. Bulg.,72(1): 49-60. <https://acta-zoologica-bulgarica.eu/older-articles/002326.pdf>

Bakrac, A., Rimceska, B., Bilbija, B., Atanackovic, A., Dzaferovic, A., Nikolic, V., Markovic, V. 2021. Aquatic Macroinvertebrates Diversity in the Upper Stretch of Una River (Una National Park, SW Bosnia and Herzegovina). Ecologia Balcanica, 13(1): 131-141. https://radar.ibiss.bg.ac.rs/bitstream/handle/123456789/4282/bitstream_8635.pdf?sequence=1&isAllowed=y

5.3. Типологизация на изследваните реки според изискванията на WFD

Rimcheska, B., Vidinova, Y. 2020. Ecological Status Assessment of Mountain and Semi-mountain Streams in the Aegean Watershed: Applicability of Biotic Indices BMWP and ASPT Based on Macroinvertebrates. Acta zool. Bulg.,72(1): 49-60. <https://acta-zoologica-bulgarica.eu/older-articles/002326.pdf>

Rimcheska, B., Vidinova, Y. 2023. Diversity and structure of macroinvertebrate communities in permanent small streams and rivers in Eastern Balkans. In: Small Waterbodies in the Landscape. Guest editors: Kelly-Quinn, M., Biggs, J., Jones, I. J. & Riley, W. D. *Hydrobiologia* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05004-6>

5.4. Делинеация/Очертаване на екорегионите за територията на С. Македония

Съгласно очертаването на хидрофаунистичните граници на екорегионите (Piies, 1978) територията на С. Македония и Гърция е разделена надлъжно по течението на река Вардар/Аксиос и принадлежи към два екорегiona 6-ти (Гръцки Западни Балкани) и 7-ми (Източни Балкани) (фигура 2).

От така претставеното разделение по Piies (1978) е очевидно, че десните притоци на Вардар (напр. Треска, Черна Река) принадлежат към 6-ти екорегион, докато левите притоци (напр. р. Пчиня, р. Брегалница) принадлежат към 7-ми екорегион, със самата р. Вардар като граница между двата екорегiona (фигура 2).

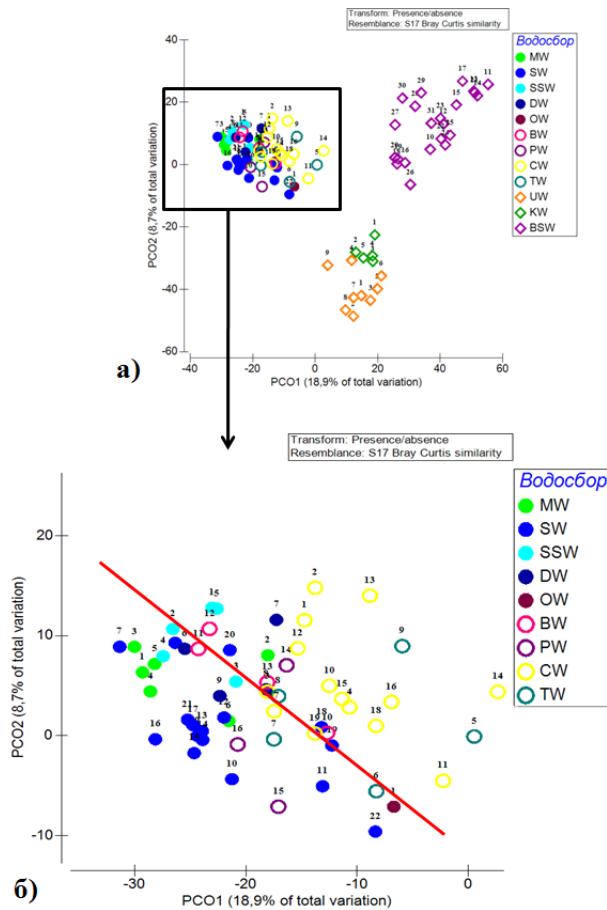
В изпълнение на една от поставените задачи в дисертацията е направен сравнителен анализ на съобществата от МЗБ от изследваните територии с цел да се провери принадлежността им към определен екорегион.



Фигура 2. Схема на водосбора на река Вардар с очертана хидрофаунистична граница между екорегионите 6 и 7 на територията на С. Македония (по Piies, 1978).

Въз основа на наличния набор от данни за качествения състав (присъствие/отсъствие) на макрозообентосните съобщества в реки и речни участъци от различни водосбори в обширен район на Балканския полуостров, направихме Анализ

на главните компоненти (PCA, Principal Component Analysis), за да проследим разпределението и групирането на общо 94 речни пункта, принадлежащи към осем водосбора и три екорегiona (Таблицы 4 и 6; Фигура 3).



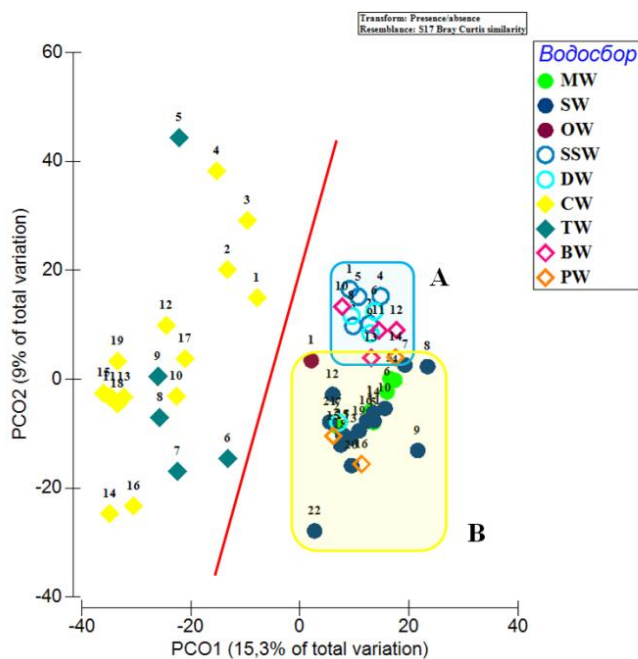
Фигура 3. а) PCA диаграма на разпределението на изследваните пунктове на базата на качествения състав на МЗБ и б) Частично мащабирана PCA диаграма (кълъстер А) на разпределението на изследваните пунктове, които принадлежат към EP6 и EP7 (PCO1 - първа главна компонентна ос обяснява 18.9% от общата вариация в разпределението; PCO2 - втора главна компонентна ос обяснява 8.7% от общата вариация в разпределението).

Легенда: MW- водосбор на р. Места; SW- водосбор на р. Струма; SSW- водосбор на р. Струмешница; DW- Дворишка (Циронска) Река; OW- река Очушница; BW- водосбор на р. Брегалница; PW- водосбор на р. Пчиня; CW- водосбор на Черна Река; TW- водосбор на р. Треска; UW- водосбор на р. Уна; BSW- водосбор на р. Сава; KW- водосбор на р. Колубара.

На PCA диаграмата (а) се наблюдава ясно обособяване на групи от пунктове по райони на изследване (водосборите) и условна разделителна линия между EP5 (кълъстер В и С) и EP6 са EP7 (кълъстер А). В рамките на EP5 се обособяват два отделни кълъстера (В и С). В кълъстер В попадат МЗБ съобществата от водосбора на река Сава от територията на Босна и Херцеговина (пунктове №10-31, Таблица 4), докато в кълъстер С са групирани пунктовете, териториално разположени в горното течение на р. Уна и нейните притоци (водосбор на р. Сава) в рамките на националния парк „Уна“ в Босна и Херцеговина (№1-9, Таблица 4) и пунктовете от водосбора на р. Колубара (приток на р. Сава) - Сърбия (Фигура 1). Вътрешното групиране в кълъстер В се дължи основно на географското разстояние между двата водосбора, принадлежащи към басейна на река Сава. За разлика от пунктовете в EP5, тези от EP6 и EP7 - водосборите на реките

Места, Вардар и Струма, попадат в един смесен клъстер (фигура 3б). В клъстер А са групират пунктовете и от двата екорегiona (фигура 3а).

За по-ясно представяне и тълкуване на групирането на пунктовете, принадлежащи към ЕР6 и ЕР7, е генерирана допълнителна графика, от която са изключени пунктовете от ЕР5 (фигура 4). На лявата част на диаграмата ясно са отделени МЗБ съобществата от пунктовете от водосборите на реките Треска и Черна Река (десни притоци на р. Вардар), а тези от левите притоци на р. Вардар (водосбори на реките Брегалница и Пчиня) са по-близо разположени до водосборите на реките Места, Струма и Марица (фигура 4). Така, в клъстер А попадат пунктовете от водосборите на р. Струма (р. Струмешница и Дворишка Река) и на р. Вардар (р. Брегалница) – всички те се намират на територията на С. Македония. В клъстер В се групират всички пунктове от изследваните водосбори от територията на България. Вижда се, че към същия клъстер спадат и два пункта от р. Пчиня и един пункт от Дворишка Река. Това разположение може да се обясни с географската близост на изброените три пункта, в които съобществата на МЗБ показват по-голямо сходство с водосборите на реките Струма, Места и Марица (фигура 4; таблица 4, 6). В същото време, сходството им с водосбора на р. Брегалница, р. Струмешница и Дворишка Река (клъстер А) е значително по-ниско (фигура 4). В допълнение следва да се отбележи, че горната част на водосбора на р. Пчиня представлява тройна граница за трите съседни екорегiona 5, 6 и 7 (фигура 5).



Фигура 4. PCA диаграма на разпределението на изследваните пунктове от ЕР6 и зЕР7 на базата на качествения състав на МЗБ съобщества (присъствие/отсъствие) (**PCO1** - първа главна компонентна ос обяснява 15.3% от общата вариация на разпределение; **PCO2** - втора главна компонентна ос обяснява 9% от общата вариация на разпределение).

**Легендата на водосборите съответства на посочената в фигура 3.*

Резултатите от направения анализ показват, че стриктното очертаване на хидрофаунистичните граници между екорегиионите е сложно, преди всичко защото спецификите в географско разпространение на организмите, от една страна, и биотиположките характеристики на самите реки, от друга страна, показват прилики в граничните зони между екорегиионите. Доказателство за това е и подобиеето между МЗБ съобщества в такива речни участъци. Като се има предвид, че изборът на обекти за изследване и от трите екорегииона се основава на категоризирането им като планински и полупланински типове реки, очаквано е да има по-голямо сходство между пунктвите с подобна надморска височина и подобен субстрат. Това е вероятната причина изследваните пунктове от левите притоци на р. Вардар да показват по-голямо сходство с някои точки от горното течение на водосборите на р. Струма и р. Места.

Досега не са правени изследвания въз основа на БЕК МЗБ за евентуална промяна на границите на дадените хидрофаунистични екорегииони по примера на другите съседни държави България (Чешмеджиев и сътр., 2013) и Сърбия (Рауповиќ и сътр., 2012). Резултатите от направените анализи по отношение на разпределението на изследваните пунктове от избраните полупланински и планински реки, включени в тази дисертация (фигури 3, 4), могат да бъдат добра основа за бъдещи изследвания и по отношение на останалите компоненти на речните хидроценози по БЕК, за да се направи най-реалистичният подход за евентуална делинеация на границата между екорегииони 6 и 7 с оглед на това целият водосбор на р. Вардар да се присъедини към 6-ти екорегиион - Гръцки Западни Балкани (фигура 5).



Фигура 5. Схема на водосбора на река Вардар с изместване на хидрофаунистична граница между екорегиионите 6 и 7 на територията на С. Македония.

Също така би било от голямо значение, ако се направят допълнителни изследвания за всичките БЕК за левите и десните притоци на р. Вардар/Аксиос от територията на Гърция. Това е важно, тъй като по-голямата част от водосбора на Вардар/Аксиос е на по-ниска надморска височина и основно съответства на полупланински (R5) или равнинен (<200 m надморска височина) тип реки от екорегиян 7 (съгласно типологията на България).

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Потвърждава се хипотезата, че фаунистичният състав и структурата на макробезгръбначната хидрофауна от различни типове течащи води (планински и полупланински реки) от територията на България, С. Македония и други балкански страни, се характеризира със забележими разлики между изследваните водосбори. По отношение на екологичното състояние съгласно критериите и препоръките на РДВ, прилагането на различни биологични методи въз основа БЕК МЗБ (напр. брой на ЕРТ таксони, индексите BMWP, ASPT и BI) има съществено значение при оценяването на изследваните водни тела. Установените референтни условия отговарят на вече известните типовоспецифични референтни условия (по типологизацията за територията на България) за оценка и мониторинг на EQ на реките от планински и полупланински речен тип. Резултатите от сравнителния анализ на изследваните територии на база принадлежност към определен екорегиян (EP5, EP6 и EP7), предполага извършването на допълнителни проучвания по всеки БЕК с оглед бъдещо изместване на хидрофаунистичните граници за територията на С. Македония, по примера на съседните държави България и Сърбия.

Анализът на резултатите от проведените изследвания върху типологията и оценката на екологичното състояние на планински и полупланински реки, базирана на макрозообентосните съобщества в избрани райони на Балканите, позволява да бъдат формулирани следните **изводи**:

1. Постоянните реки в планинските и полупланинските райони на 7-ми екорегиян се населяват от добре обособени бентосни макробезгръбначни съобщества, характерни за планински (R3) и полупланински (R5) речен тип. Установените общо 280 таксона водни безгръбначни животни характеризират МЗБ

съобществата в изследваните райони като изключително богати и разнообразни. Те са съставени преимуществено от клас Insecta, който едновременно е най-богат по отношение на таксономичния си състав и с най-голяма численост. Макрозообентосът от R3- речен тип се характеризира с по-беден таксономичен състав, като в съобществата в този тип преобладават предимно стенобионтни чистолобиви таксони.

2. Бентосните съобщества се характеризират с по-голямо разнообразие през пролетта, което е съпроводено с по-ниско обилие и доминиране. През есенния период се регистрира по-ниско разнообразие, особено в повлияни в различна степен речни участъци. Бета-разнообразието на МЗБ съобществата варира до степен, която обуславя различията в състава и структурата им в рамките на изследваните речни басейни. Анализът на β -разнообразието в рамките на даден водосбор и между изследваните водосбори показва по-голямо сходство между пунктовете от р. Струма (водосборът на р. Струма е с най-високо β -разнообразие) и най-ниско - между водосборите на реките Вардар и Места. Най-голяма численост и същевременно най-ниско β -разнообразие без ясно разграничена сезонна диференциация са съобществата в най-замърсените пунктове.
3. Разнообразието и обилието на съобществата в R3- и R5- речни типове се различават незначително, което определя по-голямото сходство в състава и структурата на макрозообентоса в рамките на всеки от изследваните водосбори. Наблюдаваните изменения не показват ясна сезонна диференциация между типовете реки. Изследваните пунктове се различават в рамките на съседните водосбори. Въпреки това, въз основа на връзката между МЗБ съобщества и характеристиките на изследваните пунктове, се установява по-голямо сходство между някои типове реки (напр. R3 и R5) с даден съседен водосбор.
4. Индексът на сходство (QS%) отразява уникалните метаобщности на макробезгръбначните в участъци от R3- и R5- речен тип с по-високо β -разнообразие и по-слабо изразено сходство. По отношение на географското разположение, с най-високо сходство измежду пунктовете от R3- речен тип са тези, разположени на приблизително еднаква надморска височина и с подобни условия по отношение на местообитанията. Най-ниско сходство на ниво водосбор се установява между териториално най-отдалечените пунктове от

водосборите на р. Вардар и р. Места. Единствено пунктовете от R5- речен тип от поречието на р. Струма имат по-голямо сходство с другите два водосбора, както и в рамките на самия водосбор.

5. Представителите на клас Turbellaria и разредите Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera са силно чувствителни към хидроморфологичната деградация на местообитанията, в сравнение с по-толерантните класове Hirudinea и Gastropoda, което е доказателство за тяхната роля като ценни биоиндикаторни групи.
6. Трофичната структура на МЗБ съобщества се характеризира с изразена сезонна динамика. На пунктовете от тип R3- и R5- с референтни или близки до референтните условия се установява по-високо сходство в представените трофични групи, но въпреки това, трофичната структура на бентосните съобщества от двата типа показва типова специфични характеристики. В антропогенно повлияните участъци се наблюдава трансформация в състава на трофичната структура, която е свързана с намаляване на числеността на по-чувствителните групи SH и SC за сметка на увеличаване на числеността на по-толерантните DF.
7. Стойностите на индекса RETI не се различават съществено между изследваните пунктове от R3- и R5- речни типове, докато тези на ITC отчитат по-големи разлики. Те са съществени при пунктове от R3- тип с по-нисък EQ през есенния период.
8. При определяне на потенциално референтни условия в рамките на изследвания район, водеща беше оценката на EQ (по BMWP и BI) получена през пролетта, поради установеното по-голямо разнообразие на МЗБ през този сезон. Въз основа на стойностите на биотичните индекси, и в съответствие с приложение V от РДВ бяха идентифицирани три релевантни референтни пункта от България и шест от С. Македония.
9. Установява се по-голяма чувствителност на индекса BMWP за изследваните планински и полупланински реки в сравнение с BI не само по отношение на замърсяването, но и спрямо хетерогенността на местообитанията (ниска/висока). Основните смущения за планинските речни системи като хидроморфологична деградация, заустване на непречистени води и/или мВЕЦ,

влият главно върху динамиката на представените МЗБ групи, а като следствие и върху стойностите на приложените индекси и класовете EQ, в които попадат. По-голяма чувствителност на BMWP съответства на по-голямата деградация на пунктовете, изразена с GDS. Изключение правят тези пунктове, където се установява по-ниско EQ (по BMWP и BI) въпреки отсъствието на деградация на местообитанията по GDS. При оценка на EQ следва да се взема под внимание и допълнителна информация за моментното състояние на пунктовете от изследвания район (GDS), с оглед избягване на погрешно тълкуване на по-ниските резултати на BMWP и/или BI (органично замърсяване с хидроморфологична деградация).

10. Екологичното състояние на изследваните речни екосистеми, оценено чрез трофичната структура на МЗБ и изразено чрез стойностите на индекса RETI, доказва високата му чувствителност към антропогенни въздействия. Въз основа на това може да се счита, че след разработване на типове специфични скали на индекса и за останалите страни които попадат в ЕР 7, RETI може да бъде надежден и приложим за оценка на екологичното състояние на планинските и полупланинските реки от екорегиян - Източни Балкани.

Списък на публикациите на кандидата по темата на дисертацията:

1. Rimcheska, B., Vidinova, Y. 2018. Ecological status assessment of mountainous and semi-mountainous streams via different biotic indices based on benthic macroinvertebrates - the case study of Macedonian-Bulgarian cross-border territory. 11th Seminar of Ecology-2018, Sofia, Bulgaria, Proceedings, 26-27 April: 32-38p.
2. Rimcheska, B., Vidinova, Y. 2020. Ecological Status Assessment of Mountain and Semi-mountain Streams in the Aegean Watershed: Applicability of Biotic Indices BMWP and ASPT Based on Macroinvertebrates. *Acta zool. Bulg.*, 72(1): 49-60.
3. Bakrac A., Rimceska B., Bilbija B., Atanackovic A., Dzaferovic A., Nikolic V., Markovic V. 2021. Aquatic Macroinvertebrates Diversity in the Upper Stretch of Una River (Una National Park, SW Bosnia and Herzegovina). *Ecologia Balcanica*, 13(1): 131-141.
4. Rimcheska, B., Vidinova, Y. 2023. Diversity and structure of macroinvertebrate communities in permanent small streams and rivers in Eastern Balkans. In: Small Waterbodies in the Landscape. Guest editors: Kelly-Quinn, M., Biggs, J., Jones, I. J. & Riley, W. D. *Hydrobiologia* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05004-6>
5. Rimcheska B, Vidinova Y, Varadinova E. 2022. Trophic Structure of Macrozoobenthos in Permanent Streams in the Eastern Balkans. *Diversity*, 14(12): 1121. <https://doi.org/10.3390/d14121121>

Списък на цитиранията на трудовете по дисертацията:

Rimcheska, B., Vidinova, Y. 2020. Ecological Status Assessment of Mountain and Semi-mountain Streams in the Aegean Watershed: Applicability of Biotic Indices BMWP and ASPT Based on Macroinvertebrates. *Acta zool. Bulg.*, 72(1): 49-60.

Цитирана в:

1. Gurjar P., Lakhera K., Vyas V. & Kour Raina R. 2023. Integrated River Health Assessment System (IRHAS): A Promising Tool for Ecorestoration of Tropical Indian Rivers. In: Ecorestoration for Sustainability, Eds. Banerjee A., Kumar Jhariya M., Singh Bargali S. & Palit D., Scrivener publishing, Wiley.

Bakrac A., Rimceska B., Bilbija B., Atanackovic A., Dzaferovic A., Nikolic V., Markovic V. 2021. Aquatic Macroinvertebrates Diversity in the Upper Stretch of Una River (Una National Park, SW Bosnia and Herzegovina). *Ecologia Balcanica*, 13(1): 131-141.

Цитирана в:

2. Ušanović, L., Destanović, D., Lasić, L., Kurtović, J. H., Costa, F. O., Stroil, B. K. 2022. Status of the BOLD reference library of DNA barcodes of caddisflies (Insecta: Trichoptera) from the Western Balkans: BOLD and BAGS's application in assessment of caddisflies' status in Balkans. *Periodicum biologorum*, 124(3-4), 107-114.

Rimcheska, B., Vidinova, Y. 2023. Diversity and structure of macroinvertebrate communities in permanent small streams and rivers in Eastern Balkans. In: Small Waterbodies in the Landscape. Guest editors: Kelly-Quinn, M., Biggs, J., Jones, I. J. & Riley, W. D. *Hydrobiologia* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05004-6>

Цитирана в:

3. Kelly-Quinn, M., Biggs, J., Jones, J.I. *et al.* Preface: Small water bodies in the landscape. *Hydrobiologia* 850, 3209–3210 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05236-0>

Rimcheska, B., Vidinova, Y., Varadinova, E. 2022. Trophic Structure of Macrozoobenthos in Permanent Streams in the Eastern Balkans. *Diversity*, 14(12): 1121. <https://doi.org/10.3390/d14121121>

Цитирана в:

4. El Yaagoubi, S., El Alami, M., Harrak, R., Azmizem, A., Ikssi, M., & Mansour, M. R. A. 2023. Assessment of functional feeding groups (FFG) structure of aquatic insects in North-western Rif-Morocco. *Biodiversity Data Journal*, 11, e104218.

Списък на участията в научни форуми, докладващи резултати по дисертацията:

2nd Central European Symposium for Aquatic Macroinvertebrate Research (CESAMIR), 3-8 July 2016, Pécs, Hungary;

Slavevska-Stamenković, V., Rimcheska, B., Hristovski, S., Raković, M., Smiljkov, S., Marković, V., Paunović, M. (2016): Indicative ecological status assessment of the Sturmica river catchment based on macroinvertebrates – a case study. 2nd Central European Symposium for Aquatic Macroinvertebrate Research (CESAMIR), 3-8 July 2016, Pécs, Hungary (Доклад)

10-ти Семинар по Екология - 2017 с международно участие, ИБЕИ, БАН, 27-28 април 2017, София;

Rimcheska, B. (2017): The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality of river Orevochka Reka (Republic of Macedonia). Seminar of ecology, IBER-BAS, 27-28 04. 2017, Sofia, Bulgaria (Доклад)

3rd Central European Symposium for Aquatic Macroinvertebrate Research (CESAMIR), 8-13 July 2018, Łódź, Poland;

Rimcheska, B., Vidinova, Y. (2018): How different anthropological impacts affect benthic macroinvertebrate assemblages in the same water body type – preliminary results of a case study on cross-border territory (NW Bulgaria/NE R. Macedonia). 3rd CESAMIR, 8-13 July 2018, Łódź, Poland (Доклад)

Rimcheska, B., Vidinova, Y., Tyufekchieva, V., Evtimova, V. (2018): EPT taxa from mountainous and semi-mountainous sites (European river type R5): diversity, threats and conservation status. 3rd CESAMIR, 8-13 July 2018, Łódź, Poland (Постер)

11-ти Семинар по Екология - 2018 с международно участие, ИБЕИ, БАН, 26-27 април 2018, София;

Rimcheska, B., Vidonova, Y. (2018): Ecological status assessment of mountainous and semi-mountainous streams via different biotic indices based on benthic macroinvertebrates -

the case study of Macedonian-Bulgarian cross-border territory. Seminar of ecology, IBER-BAS, 26-27 04. 2018, Sofia, Bulgaria (Доклад)

Third Anniversary Scientific Conference on Ecology' (TASCE) 2-3 November 2018, Plovdiv, Bulgaria;

Rimcheska, B., Vidinova, Y. (2018): Ecological status assessment of mountainous and semi-mountainous streams of Belasitsa and Ograzhden Mts. via different biotic indices based on benthic macroinvertebrates - the case study on Macedonian territory. Third Anniversary Scientific Conference on Ecology' 2-3 11. 2018, Plovdiv, Bulgaria (Доклад)

12-ти Семинар по Екология - 2019 с международно участие, ИБЕИ, БАН, 18-19 април 2019, София;

Rimcheska, B., Vidinova, Y. (2019): Is ecological status assessment dependent/differ between season and source of disturbances at mountainous and semi-mountainous streams - tested via different biotic indices based on benthic macroinvertebrates. Seminar of Ecology, 18-19 04. 2019, IBER-BAS, Sofia, Bulgaria (Доклад)

Eight International conference "Modern Trends in Science" - FMNS 2019, 26-30. June, Blagoevgrad, Bulgaria;

Rimcheska, B., Tyufekchieva, V., Vidinova, Y. (2019): Composition and Zoogeographic features of the stonefly fauna (Insecta: Plecoptera) of mountain and semi-mountain streams in Aegean watershed (7th Ecoregion, Eastern Balkans). Eight International conference "Modern Trends in Science" - FMNS 2019, 26-30. 06., Blagoevgrad, Bulgaria (Доклад)

Втори интердисциплинарен докторантски форум, Център за обучение – БАН, Кариерен център към ЦО-БАН, 29-31 август 2019, хотел „Самоков“, Боровец;

Римческа, Б., Пресолска, Я. (2019): Типология и оценка на екологичното състояние на планински и полупланински реки от Екорегия 7, базирана на

макрозообентосните съобщества. Втори интердисциплинарен докторантски форум, Център за обучение – БАН, Кариерен център към ЦО-БАН, 29-31 август, хотел „Самоков“, Боровец. (Доклад)

8th International Symposium of Ecologist of Montenegro (ISEM), 2-5. October 2019, Budva, Montenegro;

Rimcheska, B., Vidinova, Y. (2019): Ecological status assessment of mountainous and semi-mountainous streams with comparison of two biotic indices BMWP and ABI via BQE macroinvertebrates. ISEM 2019, Budva, Montenegro (Доклад)

12th Symposium for European Freshwater Sciences - SEFS, 25-30 July 2021, Dublin, Ireland;

Rimcheska, B., Vidinova, Y. (2021): Diversity and structure of macroinvertebrate communities in permanent rivers in 7th Ecoregion. Symposium for European Freshwater Sciences - SEFS 12, 25-30. 07. 2021. Dublin, Ireland (Доклад)

5th BalkanBio Conference on biology, 15-16 April 2021, Plovdiv, Bulgaria;

Rimcheska, B., Vidinova, Y., Varadinova, E. (2021): Trophic structure of the macroinvertebrate assemblages of mountainous and semimountainous rivers in 7th Ecoregion (R3 and R5 river types). 5th BalkanBio Conference on biology, 15-16.04. 2021, Plovdiv, Bulgaria (Доклад)

1st DNAQUA International Conference, 9-11 March 2021, INRAE, France.

Rimcheska, B., Vidinova, Y. (2021): Filling gaps in the DNA barcode library - Aquatic insects (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) from semi-mountainous and mountainous rivers of Ecoregion 6 (North Macedonia). 1st DNAQUA International Conference, 9-11. 03. 2021, INRAE France (Доклад)

Справка за научните приноси на дисертацията

Приноси с научен характер:

1. Направено е най-пълното досега изследване на макрозообентоса от планински и полупланински реки в слабопроучен граничен район между България и С. Македония и е представен списък, включващ 280 таксона водни безгръбначни животни. Диференцирани са групи от макрозообентосни организми, характерни за естествени, неповлияни водни течения с олиго- и/или ксено-сапробни условия. Отбелязано е и значително таксономично разнообразие на насекомната фауна (Insecta) от разредите Trichoptera (67 таксони), Ephemeroptera (59 таксони), Plecoptera (42 таксони), Diptera (39 таксони) и Coleoptera (24 таксони);
2. Допълнен е фаунистичният списък на бентосната макробезгръбначна фауна за водосбора на реките Вардар, Струма и Места. Съобщени са три нови вида едnodневки (*Proclaeon pulchrum*, *Ecdyonurus macani* и *Habroplebia eldae*) за фауната на С. Македония и е потвърдено присъствието на балкански ендемити от групите Amphipoda, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera и Trichoptera - пет вида за водосбора на р. Вардар, десет - за поречието на р. Струма и осем вида за водосбора на р. Места (Приложение II).
3. За първи път се анализира сходството на макрозообентосните съобщества на пунктове от водосборите на реките Вардар, Струма и Места.
4. За първи път е приложен трофичният индекс ИТС за района на изследване. Паралелното му прилагане за МЗБ съобщества от различни речни типове показва, че индексът се нуждае от допълнителна корекция за малки планински реки (R3 речен тип);

Приноси с научно-приложен характер:

1. Проведеното изследване разширява познанията за специфичните представители на метаобщностите на планински и полупланински речни екосистеми, както и за характерните групи макробезгръбначни в екорегiona на Източните Балкани. Доказва се високата чувствителност и уязвимостта на речните екосистеми в планинските и полупланински райони към замърсяване, хидроморфологична

деградация и експлоатация на водните ресурси, и се дават препоръки за тяхното опазване;

2. Установява се по-голямата чувствителност на индекса BMWP в сравнение с BI. Поради това се препоръчва по-широкото му прилагане при бъдещи оценки на качеството на водите на базата на водни макробезгръбначни.
3. Въз основа на резултатите от анализа за сходство между МЗБ съобщества от съседните екорегioni (EP6 и EP7), се прави предположение за необходимостта от изместване на границите на EP7 в посока изток, присъединявайки целия водосбор на р. Вардар към 6-ти екорегion (Гръцки Западни Балкани).
4. Сравнението на изследваните речни участъци (планински и полупланински реки) от съседни държави от Балканския полуостров (6 и 7 екорегion), дават основание да се препоръча прилагането на националните типове R3 и R5 за реки от EP7 при типологизирането на водни течения и в С. Македония.

БЛАГОДАРНОСТИ

Бих искала да изкажа благодарност на моя научен ръководител доц. д-р Янка Видинова, за оказаната ми неоценима помощ и подкрепа по време на процеса на обучение, експертно ръководство и консултации по време на моята докторантура. Благодаря за предоставения шанс и оказаното доверие!

Признателна съм на колегите експерти по хидробиология и екология за ценните съвети и сътрудничество по подготовката на съвместни публикации както и за ценни съвети за изследователската работа: проф. д-р Йордан Узунов, д-р Виолета Тюфекчиева, доц. д-р Емилия Варадинова, доц. д-р Весела Евтимова, доц. д-р Любомир Кендеров, докторантите Мила Ихтиманска и Галя Георгиева.

Изказвам своята голяма благодарност на брат ми инж. Александар Римчески и инж. Николай Пресолски за оказаната помощ при теренната работа.

Благодаря и на колегите и приятели от Institute for Biological Research "Siniša Stanković" особено на д-р Ваня Маркович, д-р Мая Ракович и д-р Катерина Зорич, които ми съдействаха по време на теренната работа през 2015 г. за събиране на МЗБ от Сърбия. Бих искала да благодаря на д-р Ваня Маркович (Faculty of Biology, University of Belgrade, Serbia) и за помощта, която ми оказа при допълването на данни за сравнителния анализ на МЗБ съобществата от изследваните територии.

Изказвам благодарност на колегите д-р Виолета Тюфекчиева и доц. д-р Янка Видинова, които ми предоставиха данни, за макрозообенносните съобщества от река Очушница.

Отправлям специални благодарности на всички колеги и приятели от Отдел „Водни екосистеми“ за топлото посрещане в института, съветите и интересните дискусии в интересующите ме области.

Сърдечно БЛАГОДАРЯ на моите родители и брат ми за търпението, подкрепата и неоценимата помощ, която ми оказват!

TYOLOGY AND ECOLOGICAL STATUS ASSESSMENT OF HILLY-MOUNTAINOUS WATERCOURSES BASED ON AQUATIC MACROINVERTEBRATES - THE BALKAN PENINSULA CASE STUDY

Biljana Rimcheska

PhD Thesis, Sofia 2023

Summary

In the past decades, the majority of the European countries have developed evaluation systems for freshwater ecosystems, including quality estimation through the living organisms as biological quality elements (BQE). The aim of this study was to provide indicative ecological status assessment of mountain and semi-mountain small streams and river sections belonging to Mesta, Struma and Vardar watersheds in a poorly studied area of the North Macedonia/Bulgaria cross-border territory (7th Ecoregion “Eastern Balkans”) based on the benthic macroinvertebrate (macrozoobenthos) as BQE. Thus, the present study provides also data on the taxonomic diversity and trophic structure of the benthic macroinvertebrate communities and analyse the similarity in communities between/within studied basins.

The basic dataset used for the performed analyses included 69 samples from 38 sites from both countries (sampled in autumn 2017 and spring 2018), all belonging to the R3- (mountainous) and R5- (semi-mountainous) river types, while for further comparison of the basic dataset an additional 74 samples from 56 sites (or in total 143 samples from 94 sites) were included, where, the similarity between macroinvertebrate communities from the three ecoregions (Dinaric/Hellenic Western Balkans and Eastern Balkans) was interpreted. The variation of the number of taxa, total abundance, relative abundance, species diversity and richness, evenness, index of dominance and the following indices - GDS, BMWP, ASPT, BI, EPT-taxa richness, RETI and ITC, were analysed. For the best representation of the studied data set, the corresponding statistical analyses were applied using the statistical packages Statistica 7/13.0, PRIMER-E v.6 and CANOCO 5.0.

In this study were found rich and diverse communities, totaling 280 macroinvertebrate taxa assigned to seven Functional Feeding Groups belonging to 15 systematic groups, where the insects dominated the macroinvertebrate communities (> 70%). The list of benthic macroinvertebrate fauna for the watershed of the Vardar, Struma and Mesta rivers has been supplemented. Thus, three new mayfly species (*Procloeon pulchrum*, *Ecdyonurus macani*

and *Habroplebia eldae*) were recorded for the first time for the fauna of N. Macedonia and the presence of some Balkan endemic species was confirmed, five - for the Vardar watershed, ten - for the Struma watershed and eight for the Mesta watershed.

The highest α - and β -diversity were recorded within the Struma River watershed, which contributed to the higher γ -diversity and reflected the typical macroinvertebrate assemblages from the studied rivers. Overall, site similarities reflected the key macroinvertebrate metacommunities in R3- and R5-river type sections that provided higher β -diversity and lower similarities compared to the remainder of the watersheds. MDS- and dbRDA analyses separated the river basins by stream size and substratum heterogeneity. It became apparent that the highest α -dissimilarity was evident within Vardar and Mesta watersheds, even distinguishing the Vardar watershed sites independently from closest Struma River watershed sites. Also, the PCA analyses including the additional data set showed similar results. Regarding this, was proposed that the border between ecoregions 6 and 7 should be moved east of the originally proposed outline, joining the whole of the Vardar River watershed to the 6th Ecoregion (Hellenic Western Balkans).

The benthic macroinvertebrate's trophic structure and its dynamics were analyzed in different seasons. The level of similarity between the sampling localities was analyzed in the context of both the river typology and the water catchment. Based on the values of the indices BMWP, ASPT, BI and EPT-taxa richness, the water quality was assessed from excellent to poor (I – IV class). Some of the studied rivers do not achieve a good ecological status, mainly due to hydromorphological stress and habitat degradation (damming/mining/hydropower stations) and/or organic/anthropogenic pollution. Statistical treatment of the dataset indicated the strongest and most significant positive correlation between BMWP and EPT-taxa and negative correlation between BMWP and BI. The correlation between the GDS and the applied ecological quality indices clearly outlined a negative trend.

A comparison between the two trophic indices (RETI and ITC) was conducted in order to analyze the advantages of the application of these indices for assessment of the ecological status at the studied sites. It was found that the trophic structure of the benthic macroinvertebrate communities in ostensibly typologically similar river sections differs at the undisturbed vs the impacted sampled sites. To a large extent, these differences were also determined by the presence of anthropogenic influence that resulted in the predominance of deposit feeders amplifying on higher disturbance on some of the studied rivers.

Nevertheless, this study contributes to the knowledge on the specific metacommunity representatives of these small, permanent lotic ecosystems and further to the distinctive macroinvertebrates assemblages in this part of the Eastern Balkans Ecoregion. The results confirmed the sensitivity of the indices BMWP and EPT to seasonal changes of the macroinvertebrate communities. Long-term negative pressure has led to changes in microhabitats that affect the structure and functioning of the aquatic ecosystem by transformation of the trophic structure of the macrozoobenthos. These results would be applicable in the management protocols especially when alike activities involve such river ecosystems.