



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЕКОСИСТЕМНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Потенциал на зоопланктона като биоиндикатор на екологично състояние на моделни стоящи водоеми

АВТОРЕФЕРАТ

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

Научна специалност:
06.01.11 Хидробиология

Моника Атанасова Събева

Научен ръководител:

доц. д-р Весела Евтимова

Научен консултант:

доц. д-р Лъчезар Пехливанов

София, април 2025 г.

Дисертацията е разработена в рамките на докторантура, редовна форма на обучение, в Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания при Българската академия на науките.

Дисертационният труд е представен под формата на скрепени научни публикации и съдържа 121 страници текст, от които 99 страници обяснителен текст включително 4 публикации по темата на дисертацията, 3 таблици и 18 фигури, 6 страници приложения. Списъкът на цитираната литература включва 152 заглавия, от които 39 на кирилица и 113 на латиница.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на заседание на разширения състав на научния колегиум на отдел „Водни екосистеми“, състоял се на 3 април 2025 година.

Основните полеви изследвания в този дисертационен труд са финансирани по проект: „Updating the typology and qualification system for the assessment of surface water bodies category river, lake and transitional waters during the first RBMP project” (2015-2016) и Мониторинг риби – Договор № 3060 към Изпълнителната Агенция по Околна Среда (2016-2017 г.).

Защитата ще се състои в 13:30 ч. на 17.07.2025 година в Заседателната зала на ИБЕИ-БАН, База 1, ул. „Майор Юрий Гагарин 2“.

Научно жури (назначено със заповед № 31/ 11.04.2025) в състав:

Вътрешни:

1. Доц. д-р Весела Василева Евтимова, ИБЕИ-БАН – научен ръководител
2. Проф. д-р Емилия Добринова Варадинова, ИБЕИ-БАН

Външни:

3. Проф. д-р Здравко Кирилов Хубенов, НППМ-БАН
4. Доц. д-р Кремена Благовестова Стефанова, Институт по Океанология-БАН
5. Доц. д-р Йована Тодорова Тодорова, БФ, СУ „Св. Климент Охридски“

Резерви:

1. Доц. д-р Теодора Ангелова Тричкова, ИБЕИ-БАН- вътрешен
2. Доц. д-р Димитър Стефанов Кожухаров, БФ, СУ „Св. Климент Охридски“ – външен

1. Въведение

Оценката на моментното състояние на езерните и язовирните екосистеми е предпоставка за тяхното опазване или възстановяване, както и за ограничаването на вредните въздействия върху тях. Съобществото на зоопланктона играе съществена роля във функционирането на хидроекосистемите; то е свързващо звено при преноса на енергия и материя между първичните продуценти в пелагичната зона, какъвто е фитопланктонът, и вторичните консументи, каквито са рибите. То е едно от основните съобщества в язовирите и е ключов компонент от хранителните вериги в тях. Структурата му предоставя и косвена информация за динамиката на редица физични, химични и биотични параметри на водната среда. Това са само част от причините зоопланктонът да е подходящ индикатор за оценка състоянието на тези водни тела (ВТ).

Европейското законодателство следва принципи за защита на биоразнообразието и за устойчиво управление на природните ресурси в екологични, социално-икономически и културни аспекти. Държавите членки на Европейския съюз се задължават да подобряват и да предпазват от влошаване качеството на повърхностните води, което се оценява чрез биологични (БЕК) и съпътстващи елементи за качество. По смисъла на българското и европейското законодателство основните БЕК за езерните екосистеми (естествени или изкуствени) са фитопланктонът, макрофитите, фитобентосът, бентосната безгръбначна фауна (макрозообентосът) и рибното съобщество, а към поддържащите елементи за качество спадат физични и химични параметри на средата. Повечето от тези БЕК са обвързани със съобщества, обитаващи литоралните зони на езерата и язовирите.

Редица изследователи отчитат липсата на зоопланктона сред БЕК във водната директива като сериозен недостатък, което е и причината за нарастващия брой изследвания върху ролята и използването на зоопланктона при оценка на състоянието на стоящите ВТ през последните 15-20 г. Имайки предвид голямата му значимост в пелагиалните хранителни вериги и за процесите, протичащи в езерните (в т.ч. и в язовирните) екосистеми, следва характеристиките му да се използват за по-пълна оценка на екологичните условия на различни типове стоящи ВТ.

Настоящият труд е първи опит в осем български язовира да се проведе целенасочено сравнение на резултатите при определяне на трофичното или екологичното

състояние чрез зоопланктонното съобщество, от една страна, и на база макрозообентос, първична продукция и физични и химични параметри на водната среда, от друга.

2. Цел, задачи и работна хипотеза

Целта на настоящата работа е да се проучи индикативният потенциал на зоопланктонното съобщество за оценка на екологичното и трофичното състояние на моделни стоящи ВТ в България.

За изпълнението на целта бяха поставени следните задачи:

1. Да се проучи видовият състав, количествените характеристики и структурата на зоопланктонните и макрозообентосните съобщества в различни типове язовири в България с акцент върху зоопланктонното съобщество.
2. Да се определи трофичното състояние на изследваните осем язовира на база класическия трофичен индекс TSI и новия зоопланктонен индекс RCC.
3. Да се оцени екологичният потенциал на проучваните лентични водоеми чрез БЕК макрозообентос и базирано на съпътстващи физични и химични показатели за качество.
4. Да се определят сапробните индикаторни валенции на зоопланктонни и макрозообентосни таксони и те да се използват за оценка на сапробните условия.
5. Да се сравнят оценките на трофността и сапробността на изследваните язовири, базирани на зоопланктонното съобщество, от една страна, и на база съществуващи оценъчни системи за трофично и сапробно състояние и екологичен потенциал чрез TSI, макрозообентос и фактори на средата, от друга.
6. Да се оцени биоиндикаторният потенциал на зоопланктонни таксони за конкретно трофично състояние или екологичен потенциал.

Работна хипотеза:

Параметрите на зоопланктонното съобщество отразяват екологичния потенциал (оценен чрез елементи за качество, нормирани в българското законодателство) и достоверно описват трофичните условия в изследваните язовири.

3. Литературен обзор

Зоопланктонното съобщество може да индикира моментното състояние на язовирните екосистеми заради краткия си жизнен цикъл, както и заради това че пространственото разпределение, структурата и функционирането на това съобщество може да бъде силно и бързо повлияна от редица видове антропогенен натиск. Изследването на тези взаимовръзки би могло да се използва за вникване в механизмите на взаимодействия и своевременно вземане на мерки и формулиране на ефективни управленски решения за подобряване на състоянието на дадено водно тяло.

В България някои от характеристиките на стоящите водни тела затрудняват оценката на екологичното състояние (за язовирите - екологичния потенциал ЕП). Така например, фитопланктонът в дълбоките олиготрофни язовири, използвани за осигуряване на питейните нужди на населението, е с по-ниско обилие. В същото време съобществото на макрозообентоса е представително за конкретните условия в литоралната зона, но е възможно напълно да липсва в литорала на язовири със значими колебания във водните нива като язовири за водоснабдяване, напояване, производство на електроенергия и др. От своя страна присъствието на зоопланктона в пелагичните и литоралните части на ВТ, може да се използва за проследяване на динамиката на трофичните взаимодействия и за оценка на състоянието на ВТ.

3.1 Влияние на основни физични и химични фактори върху разпределението, динамиката и обилието на зоопланктона в стоящите водни обекти

Градиентите на околната среда, абиотичните и биотичните условия в стоящите ВТ са резултат от множество взаимодействия. Редица фактори като температурен режим, физикохимични параметри, морфология, площ и надморската височина на водоемите са определящи за разпределението и състава на зоопланктона. Язовирите се характеризират с процеси на циркулация на водните маси, стратификация и флуктуации на водните нива. Големите ВТ в региони с умерен климат са димиктични: с пролетна и есенна миксия, права лятна и обратна зимна стратификация, което е ключово за формирането на техните зоопланктонни и бентосни съобщества. Разтвореният кислород е друг важен фактор, контролиращ колебанията в хранителните вещества. Кислородното съдържание и светлинният фактор в повърхностните водни слоеве са подходящи за развитието на

зоопланктон, който обикновено е с най-голямо обилие именно в повърхностните водни слоеве.

Прозрачността по Секки е важен индикатор за състоянието и процесите във ВТ. Сезонните промени в прозрачността на водата могат да не са резултат от увеличаване на концентрацията на хлорофил а, а по-скоро да се дължат на частично източване на язовира и попадане на суспендирани седименти във водния стълб. От друга страна, прозрачността на водата отразява както сезонната структура, така и първичната продукция на планктонните организми. Зоопланктонното съобщество има важен дял във вторичната продукция, като неговата численост и биомаса в повечето язовири в умерените ширини има пролетен (април-май) и летен (август) пик. Сезонната динамика на зоопланктонните групи е дискутирани в т.н. PEG модел, според който максимален пик на надразред Cladocera се наблюдава през лятото, а на подклас Copepoda и тип Rotifera през есента; това се дължи на промените в състава на фитопланктона през лятото и есенния репродуктивен период на много от зоопланктонните видове. Намалената светлинна енергия през есента води до ниска първична продукция на фитопланктон и до намаляване на биомасата до зимен минимум. Липсата на светлина и ниско съдържание на кислород могат да предизвикат вертикални миграции на зоопланктона и интензивен обмен на материя и енергия между хипо- и епилимниона. Промени в динамиката на биомасата на зоопланктона могат да се дължат и на други фактори, например изменението на климата.

3.2 Приложимост на зоопланктона за оценка на трофично или екологично състояние

В последните десетилетия се увеличават изследванията, потвърждаващи биоиндикаторния потенциал на зоопланктона. Представители от тип Rotifera се използват като биологични показатели, чувствителни към промени в качеството на стоящите води. Представители на надразред Cladocera могат да са индикатор за ефективността на хранителната мрежа и трофичното състояние на водните тела. Успешно използван при наблюдение на промени в обилието и биомасата на основните зоопланктонни групи е индексът за видово разнообразие. Наред с класическите численост и/ли биомаса се използват и показатели като съотношение между основните таксономични групи. Тествани са приложимостта на зоопланктона за определяне и мониторинг на екологичното състояние, оценка на трофичното състояние и за откриване на антропогенен натиск.

3.2.1 Трофност: метрики и корелации със зоопланктонното съобщество

Обикновено езерата имат добре развити съобщества от зоопланктон в техните трофични мрежи. Връзката между промените на околната среда и трофичното състояние на ВТ е подробно проучена и описана в региони с умерен климат и изразена сезонност. С напредването на пролетта, концентрацията на хранителни вещества във водата намалява (при оптимална температура и светлина те се асимилират бързо), докато продукцията на водорасли и висша водна растителност се увеличава, често причинявайки прекомерно развитие (т.нар. „цъфтежи“) на фитопланктона. Биогените са от съществено значение за първичната продукция във водните екосистеми. При редица язовири е наблюдавано бързо нарастване на концентрациите на фосфор и азот в седиментите и прилежащата растителност в резултат на антропогенни дейности (селско стопанство и промишленост) в прилежащите територии.

Разработени са различни метрики за определяне на трофността на дадено езеро или язовир. Концентрацията на хлорофил а е в основата на редица оценки на продукцията и трофичното състояние на водните екосистеми. Степента на еутрофикация може да се определи чрез концентрацията на разтворения кислород, хранителните вещества или първичната продукция, а понякога и морфометрията на ВТ, с помощта на индекса за трофичното състояние (TSI). Той позволява да се опишат абиотичните и биотичните условия на водните тела и връзките между химичните и биологичните параметри. Връзката между TSI и концентрацията на хлорофил а е правопрпорционална.

Увеличение в трофността на водоема води до каскадни промени като нарастване на общото обилие и биомаса на ротиферите или техния дял в зоопланктонното съобщество, обилието на дребните кладоцери. Наблюдава се увеличаване и на броя таксони дребни кладоцери, както и увеличаване на видове толерантни към еутрофикация. През 2013 е въведен RCC индекс, базиран на количествени пропорции между основните групи зоопланктон или използването на данните за структурата на зоопланктонното съобщество за оценка на трофичното състояние на стоящи ВТ.

3.2.2 Сапробно състояние на база индикаторни зоопланктонни и дънни водни безгръбначни видове

Сапробността на стоящите ВТ е мярка за количеството и интензивността на разграждане на органичната материя и зависи от степента на трофност и интензитета на продуциране на органична материя. Сапробната система, въведена от Kolkwitz и Marsson за речни екосистеми и доразвита от редица учени, сред които Pantle и Buck, Rothschein и Sladeček, се свежда до определяне на честотата на срещане на индикаторни видове организми, характерни за различни сапробни зони и цели категоризиране на водите в зависимост от степента им на замърсяване. Доказано предимство дава определянето на индикаторните параметри на всеки вид или т. нар. сапробни валенции, основаващ се на съответната издръжливост на биоиндикаторните видове към временно или постоянно влошаване на екологичното състояние.

Традиционно в България сапробиологичните проучвания на база индикаторните характеристики на макрозообентосни организми се прилагат в реки. Но индексът на Rothschein е приложим и при стоящи ВТ. Зоопланктонните организми успешно са използвани като индикатори за сапробно състояние и показател за антропогенно влияние. При сравнително чисти и хомогенни езера с постоянен качествен състав на биотата, малките колебания в сапробното състояние се отразяват по-прецизно посредством промените в структурата на населяващите ги съобщества.

3.2.3 Методи за екологична оценка и индикатори за определяне на екологичния потенциал

Зоопланктонът е ключов компонент на пелагичните хранителни вериги и редица учени препоръчват да бъде включен в екологичните оценки. Съобществото на зоопланктона може да отразява както промени в качеството на водата и стабилността на екосистемата, така и промени настъпили в нейната структура и функционалност. Тествана е приложимостта на комбинация от две функционални метрики (оценка на размерната структура и на плодовитостта на зоопланктона) за разпознаването на отговор на зоопланктонното съобщество в резултат на антропогенен натиск и последващо успешно прилагане за оценка на ЕП в комбинация с други БЕК. Dufrêne и Legendre предлагат подход за определяне на индикаторни таксони чрез индекса IndVal, който съчетава относителното изобилие с относителната честота на срещане на даден таксон и не просто отразяват важността му, но също така могат да се асоциират с конкретно екологично или трофично състояние. С помощта на IndVal, се дефинират зоопланктонни индикаторни

видове, които успешно обвързват с оценка на ЕП и трофично състояние, главно в частта на скалите за по-лош ЕП и по-висока трофност. Установена е зависимост между биоиндикаторния потенциал на зоопланктонните групи, определен на база сапробен индекс на Sladeček и състоянието на изследваното езеро. Предложени са и 20 индикаторни зоопланктонни таксона, чието присъствие корелира с конкретно екологично състояние.

В биологичния мониторинг на сладките води от десетилетия доминира използването на макробезгръбначната дънна фауна за оценка на екологично състояние. Използват се широк набор от показатели и индекси, адаптирани за съответните географски райони. Макробезгръбначните дънни организми предлагат много предимства, включително повсеместно разпространение, видово разнообразие, относително кратък жизнен цикъл за част от таксоните, сравнително лесно се събират, чувствителни са към набор от стресори, с ключово значение за екосистемните процеси и за опазването на сладките води.

За разлика от сапробните, ценотичните индекси могат да се използват при натоварване с токсични и инертни вещества. В основата им стои използването на структурните параметри на бентосните съобщества (индивидуално и общо видово разнообразие, доминантност, изравненост) като критерии за установяване на промените в средата. В резултат на токсично и инертно замърсяване на водата, броят и числеността на видовете намалява, като в съобществата на макрозообентоса доминират толерантни на замърсяване видове. По този начин структурните изменения в бентосните съобщества могат да се използват за оценка на ефекта от замърсяването на водоемите. Ценотичните индекси обаче, не разграничават антропогенното въздействие.

В България, в процеса на разработване на класификационна система за оценка на екологичното състояние или потенциал на различни типове повърхностни водни тела, са предлагани различни индекси, съответно за езера или язовири: Биотичен индекс за бавно течащи води, Общ брой таксони, Potamal Trophic Index (PETI), % Oligochaeta. Тези индекси са тествани експериментално в редица изследвания. Въпреки сравнително добрата приложимост на някои от посочените метрики, проучванията показват недостатъчно обективна оценка на състоянието на стоящите ВТ. Това налага да се търси подход, при който да се използват предимствата на няколко метрики, комбинирани в нов мултиметричен индекс за оценка на екологичния потенциал на стоящи водни тела. До

2022 г. в Наредба № Н-4/2012г. е разписано използването на Ирландския биотичен индекс за екологична оценка на стоящи ВТ на база макрозообентосното съобщество, адаптиран за България. В последната изменена версия на наредбата е предложен нов индекс: Български мултиметричен индекс (ВММИ) за сладководни езера и язовири и нормализиран коефициент за екологично качество (nEQR).

3.2.4 Типология на стоящите водни обекти

С цел оценяване на ВТ със сходните характеристики по сходен начин, те биват групирани по типове. Типовете ВТ се определят посредством използването на „система А“ (описва как ВТ се характеризират пространствено (екорегиони) и по отношение на специфични интервали на надморска височина, размер и дълбочина, соленост и геология) или „система Б“ (включва и допълнителни незадължителни фактори, с цел гарантиране по-голяма точност и съответствие с реално съществуващите водни екосистеми). Определянето на екологичния потенциал е тясно обвързано с типологията на езерата. В България е разработена класификационна система за типово специфичните условия на категория “езеро” следвайки „система Б“. Тази система разграничава 17 езерни типа, групирани в 3 групи - Естествени езерни типове (7 типа: от L1 до L7), Черноморски езерни типове (3 типа, идентифицирани като преходни води: L7, L8 и L10) и Силно модифицирани и изкуствени езерни типове (7 типа, идентифицирани като „типове язовири“: от L11 до L17). Според WFD CIS Guidance Document No 4., СМВТ се дефинират като естествени водни тела, със съществено променени морфология и хидрология в резултат на физически изменения. а ИВТ са водни тела, които са създадени в резултат от човешка дейност. Съгласно Приложение II на РДВ аналог на референтните условия за СМВТ и ИВТ е максималният ЕП (МЕП).

3.3 Преглед върху хидробиологичните проучвания на зоопланктони и дънни водни безгръбначни в избраните стоящи водоеми

3.3.1 Зоопланктон

Принос за изучаването на кладоцерната и копеподната фауна има Найденов, който съобщава за 8 таксона в яз. Четиридесетте извора. Първите данни за зоопланктона в яз. Пчелина датират от 90-те г. на миналия век: съобщени са от Кожухаров общо 65 таксона,

от които 25 от Rotifera, 20 от Cladocera и 13 от Copepoda. Десет години по-късно списъкът с таксоните е увеличен на 105. В дисертационен труд на Павлова са споменати 21 таксона за яз. Бебреш. В План за управление на защитена местност „Язовир Конуш” (BG002015) е включено зоопланктонно проучване, където са регистрирани 19 таксона.

3.3.2 Макрозообентос

Предходни научни изследвания има върху макробезгръбначната фауна на язовирите Бебреш, Горни Дъбник, Телиш, Сопот и Пчелина. В два дисертационни труда са съобщени 14 таксона в екотонната зона на яз. Пчелина, и 12 таксона в опашната му част (Светленски залив) и 8 таксона за яз. Пчелина и 11 за яз. Бебреш. В публикация са представени фаунистични данни за яз. Бебреш (14 таксона), Телиш (12), Горни Дъбник (23) и Сопот (11). В изследване на макрозообезгръбначната фауна в язовири от планински тип се съобщават за 29 таксона за яз. Бебреш. Непълен видов списък на бентосното съобщество от 5 таксона е включен в План за управление на защитена местност „Язовир Конуш” (BG002015).

3.3.3 Трофично състояние и екологичен потенциал

В достъпната литература не бе открита информация за предходни изследвания, касаещи изрично трофичното състояние на осемте язовира. Те не са обект и на изследванията свързани с разработването и тестването на RCC индекс. В една научна публикация се открива информация за ЕП на един от осемте язовира: на база физикохимичните условия в язовир Пчелина е определен ДЕП, а според данните за БЕК макрозообентос язовирът е в УЕП. Информация за ЕП на изследваните язовири бе открит в плановете за управление на речните басейни (ПУРБ) на съответната БД.

4. Материали и методи

4.1 Дизайн на изследването

По-голяма част от пробите или измерванията бяха взети или направени в пелагиала на язовирите. В близост до язовирната стена бяха събрани проби за лабораторно определяне на биогени и бяха измерени физикохимичните параметри, като на всяка проба в Таблица 1 отговарят повече измервания (температура на водата, рН, разтворен кислород, кислородно насищане, електропроводимост и прозрачността по Секки). Пробите за

количествено определяне на първичната продукция (повърхностна и композитна), както и зоопланктонните проби бяха събрани от пелагиала и литорала. От изследваните 8 стоящи водни тела през всеки от изследваните сезони бяха събрани по три проби за изчисляване концентрациите на хлорофил а: две повърхностни (литорална и пелагиална) и една смесена (композитна) от пелагиала. Броят на пунктовете, от които бяха събрани зоопланктонните проби във всеки един от язовирите е различен и е съобразен с големината (площта) на ВТ и неговата дълбочина. Местоположението на избраните станции е фиксирано с помощта на GPS приемник GARMIN etrex 12 channel, съвместим с карти по Меркаторова проекция (UTM). Макрозообентосните проби бяха събрани от литорала.

Най-голям е дялът на зоопланктонните проби, а най-голяма част от пробите и измерванията бяха събрани или направени през 2016, а през 2015 бяха събрани само 4 проби от бентосни безгръбначни (означени с * в Таблица 1).

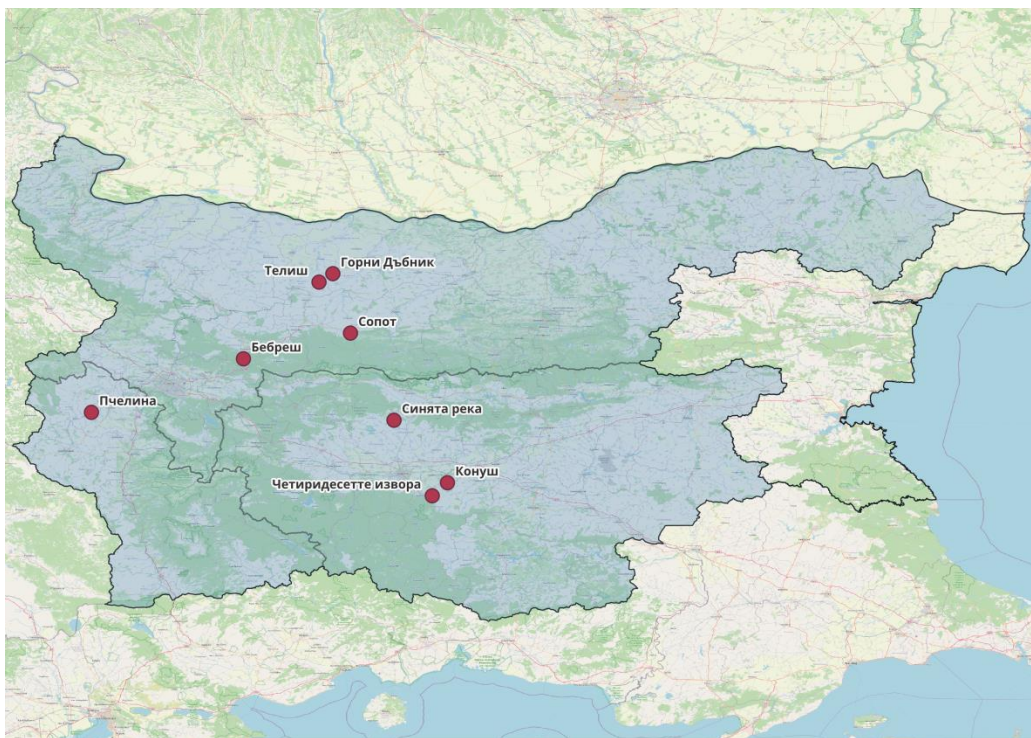
Таблица 1. Брой проби по тип, събрани от всеки язовир през 2016 г. и 2017 (2015*) г. Стойностите за двете години са отделени с “;” във всяка от колоните Използвани съкращения: ГД - Горни Дъбник, Те - Телиш, Со - Сопот, Бе - Бебреш, Пч - Пчелина, СР - Синята река, Ко - Конуш, ЧИ - Четиридесетте извора; ЗП - зоопланктон; МЗБ - макрозообентос; хл.а - хлорофил а. С * са означени пробите събрани през 2015.

Сезон		ГД	Те	Со	Бе	Пч	СР	Ко	ЧИ	Общо
Пролет	ЗП	8; 0	1; 0	6; 0	8; 0	5; 0	3; 0	5; 0	6; 0	34
	МЗБ	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	7
	хл.а	3; 0	3; 0	3; 0	3; 0	3; 0	3; 0	3; 0	3; 0	24
	фзх	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	8
	биогени	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	1; 0	8
Лято	ЗП	8; 0	5; 3	12; 0	9; 0	8; 4	2; 0	2; 0	6; 0	59

Есен	МЗБ	1;1*	1; 1*	1; 0	1;1*	1;1*	1; 0	1; 0	0; 0	11
	хл.а	3; 0	3; 3	3; 0	3; 0	3; 3	3; 0	3; 0	3; 0	30
	фзх	1; 0	1; 3	1; 0	1; 0	1; 1	1; 0	1; 0	1; 0	11
	биогени	1; 0	1; 3	1; 0	1; 0	1; 1	1; 0	1; 0	1; 0	10
	ЗП	6; 0	4; 7	0; 6	3; 8	6; 1	0; 3	0; 4	0; 6	54
	МЗБ	1; 0	1; 0	0; 0	0; 0	1; 0	0; 0	0; 0	0; 0	3
	хл.а	3; 0	3; 3	0; 3	3; 3	3; 3	0; 3	0; 3	0; 3	33
	фзх	1; 0	1; 1	0; 1	0; 1	1; 1	0; 1	0; 1	0; 1	9
	биогени	1; 0	1; 1	0; 1	1; 1	1; 1	0; 1	0; 1	0; 1	11
	Общо	41	49	41	51	53	25	28	34	

4.2 Описание на изследваните обекти

За настоящото изследване са избрани осем моделни водоема (Фиг. 1), които попадат в обхвата на 3 басейнови дирекции (БД). Това са, от север на юг, Горни Дъбник, Телиш, Сопот и Бебреш попадат в БД “Дунавски район” (БДДР), Пчелина – в БД “Западнобеломорски район” (БДЗБР), а Синята река, Конуш и Четиридесетте извора – в БД “Източнбеломорски район” (БДИБР).



Фигура 1. Разположение на изследваните язовири и границите на БД.

Избраните водоеми бяха селектирани да попадат в националната мониторингова програма; да бъдат с различен езерен тип и ЕП според данните от съответните БД и техните ПУРБ.

Първоначално яз. Горни Дъбник, Телиш, Синята река и Конуш бяха идентифицирани като СМВТ, а Сопот, Бебреш, Пчелина и Четиридесетте извора - като ИВТ на база на действащите към момента на започване на изследванията по дисертацията ПУРБ. Важно е да се отбележи, че СМВТ и ИВТ са идентифицирани въз основа на поетапен подход, съгласно WFD CIS Guidance Document No 4. При изменения на хидроморфологичните характеристики на ВТ, промяна на речния тип и въз основа на наличната информация в Басейновите дирекции, класифицирането в едната или другата категория се актуализира според утвърдения национален „Подход за определяне на СМВТ и ИВТ“. В актуализирането на новите ПУРБ (2022 – 2027), след промени в хидроморфологичните характеристики на яз. Бебреш, Пчелина, Сопот и Четиридесетте извора, те са прехвърлени от категория ИВТ в категория СМВТ. В Subeva et al. (2019, 2025), те присъстват като ИВТ.

4.3 Методи за събиране и *in situ* измервания

Допълнителни детайли и по-подробна информация по методите, използвани за събиране на зоопланктона и макрозообентоса, както и за измерване на факторите на средата и определяне на първичната продукция, могат да бъдат открити в публикациите по дисертационния труд. *In situ* бяха измерени нормирани показатели съгласно националното законодателство (Наредба № Н-4/ 2012): температура на водата (°C), активна реакция (pH), разтворен кислород (мг.дм⁻³), кислородно насищане, електропроводимост (µС.дм⁻³). Физичните и химичните показатели бяха измерени както от повърхностния слой в пелагиала и литорала, така и от дълбочина по хоризонти посредством многопараметричен уред WTW 330i. Паралелно бе измервана и прозрачността на водата, с помощта на диска на Секки с диаметър 20 см и 4 черно-бели сегмента.

Лабораторната обработка на събраните зоопланктонни безгръбначни се състоя в таксономичното идентифициране до възможно най-ниско равнище – вид, род, семейство, а за дънните бентосни организми тя включваше предварително почистване и промиване от едри и по-дребни камъни, листа, клони и други растителни частици и последващо сортиране на макрозообентосните организми по групи. Пробите бяха поставени в епруветки/контейнери, към които беше добавен 70% етилов алкохол.

За таксономична детерминация на организмите от тип Rotifera бяха използвани ръководствата на Shiel (1995) и Кутикова (1970). Определянето на видовия състав на низшите ракообразни от надразред Cladocera и подклас Copepoda бе извършено на база половозрели екземпляри като за целта бяха използвани следните таксономични ръководства: за клас Branchiopoda – Мануйлова (1964), Smirnov (1992), Smirnov (1996), Orlova-Bienkowskaja (2001), Dumont & Negrea (2002), Benzie (2005); подклас Copepoda – Bledzki & Rybak (2016), Боруцкий и кол. (1991), Рылов (1948). Обработката и определянето на зоопланктонните проби бе извършена от докторанта. За потвърждение на определените таксони, както и за детерминиране на някои от видовете ми бе оказана помощ от колегите доц. д-р В. Евтимова, гл. ас д-р С. Казаков.

Определянето на основната част от състава на макрозообентосните съобщества беше осъществено с лично участие, като за целта бяха използвани таксономични определители и друга подходяща литература. Таксономичната детерминация на основни

групи от макрозообезгръбначните беше извършена от специалисти от ИБЕИ-БАН и БФ-СУ – проф. д-р Й. Узунов, доц. д-р Я. Видинова, доц. д-р Т. Теофилова, гл. ас. д-р Д. Стоянова, биолог Г. Георгиева, доц. д-р Л. Кендеров, доц. д-р В. Евтимова и д-р Д. Дашинов.

При установяване на таксономичния състав на безгръбначните бяха използвани микроскоп Olympus BX53 и стереомикроскоп Optika SZM-1. Наименованията на зоопланктонните и макрозообентосните таксони бяха съобразени с тези от базите-данни за европейските водни и сухоземни животни Fauna Europaea ([http:// www.faunaeur.org](http://www.faunaeur.org)) и от World Register of Marine Species (<https://www.marinespecies.org/>).

Оценката на структурата на зоопланктонното и макрозообентосното съобщества бе извършена чрез индекси за оценка на таксономично богатство, доминантност, изравненост и разнообразие (хетерогенност). За изчисляване на биоценотичните индекси беше използвано най-ниското детерминирано таксономично ниво.

За установяване на сапробната степен на изследваните водоеми са използвани сапробните валенции за зоопланктонните и макрозообентосните съобщества. Сапробният индекс на Pantle и Buck S_{PB} и сапробиологичният индекс на Rothschein $Sr\%$ дават оценка за състоянието на средата, като използват биоиндикаторни видове и отчитат органичното натоварване на водоемите. Данните за сапробните валенции и индикаторното тегло на биоиндикаторните зоопланктери и дънни бентосни макробезгръбначни са взети от каталога на сапробните валенции на организмите.

За определяне степента на еутрофикация в изследваните водоеми са използвани индекси за трофност на база на първичната продукция (хлорофил а) - Carlson's trophic state index - $TSI\%$ и съотношения между основните зоопланктонните групи – RCC.

Екологичният потенциал е оценен чрез БЕК макрозообентос в изследваните язовири с помощта на биотични индекси (съгласно предходни и последната изменена версия на Наредба № Н-4/ 2012): Биотичен индекс (BI); Германски трофичен индекс - Potamal Trophic Index (PETI); Общ брой таксони TTN и Български мултиметричен индекс биотичният индекс (BMMI) и съответстващият му нормализиран коефициент за екологично качество (nEQR) включени в последната изменена версия на Наредба № Н-4/ 2012 г.

Индексът IndVal е предложен за идентифициране на видове или таксони, индикативни за дадено състояние, група от хабитати и др. класификации, като колкото по-равномерно е разпределението на таксоните, толкова по-висока е неговата индикативна сила. Стойностите на индикатора не просто отразяват важността на видовете, но също така измерват как видовете поддържат дадена класификация.

5. Резултати и обсъждане

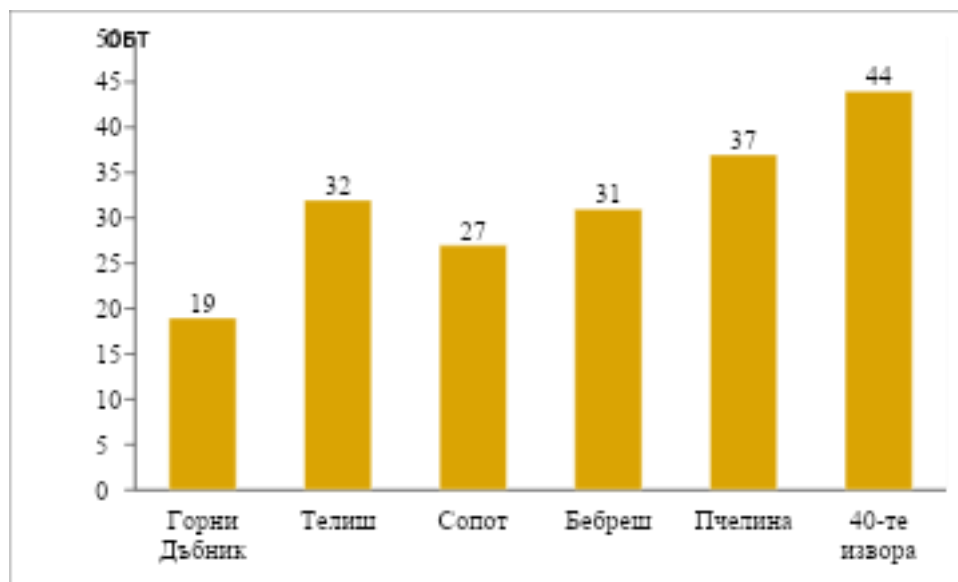
Резултатите от изследванията, свързани с темата на дисертация са публикувани в 4 статии.

5.1 Таксономична структура

5.1.1 Качествени и количествени параметри

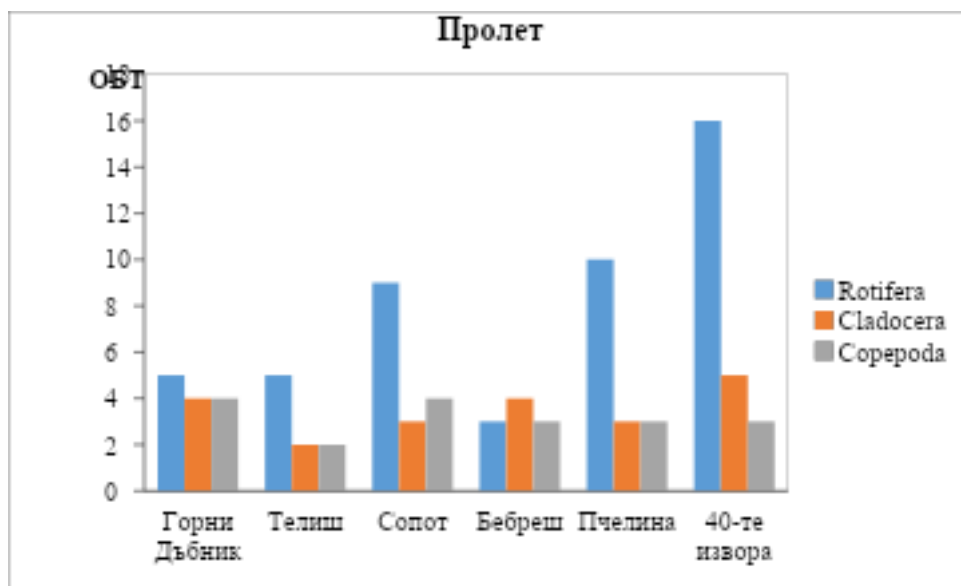
Резултатите от изследванията, свързани с зоопланктонните съобщества в яз. Синята река и Конуш са публикувани в Subeva et al. (2018). В състава на зоопланктона в яз. Горни Дъбник, Телиш, Сопот, Бебреш, Пчелина и Четиридесетте извора са установени общо 84 таксона: 56 от тип Rotifera, 18 от надразред Cladocera и 10 от подклас Copepoda, както и ювенилни стадии на Copepoda – Copepodites и Nauplii (Приложение 10.1).

В рамките на настоящото изследване най-висок общ брой таксони (ОБТ) бе регистриран в яз. Четиридесетте извора (44), а най-нисък в яз. Горни Дъбник - едва 19 зоопланктонни таксона (Фиг. 10).



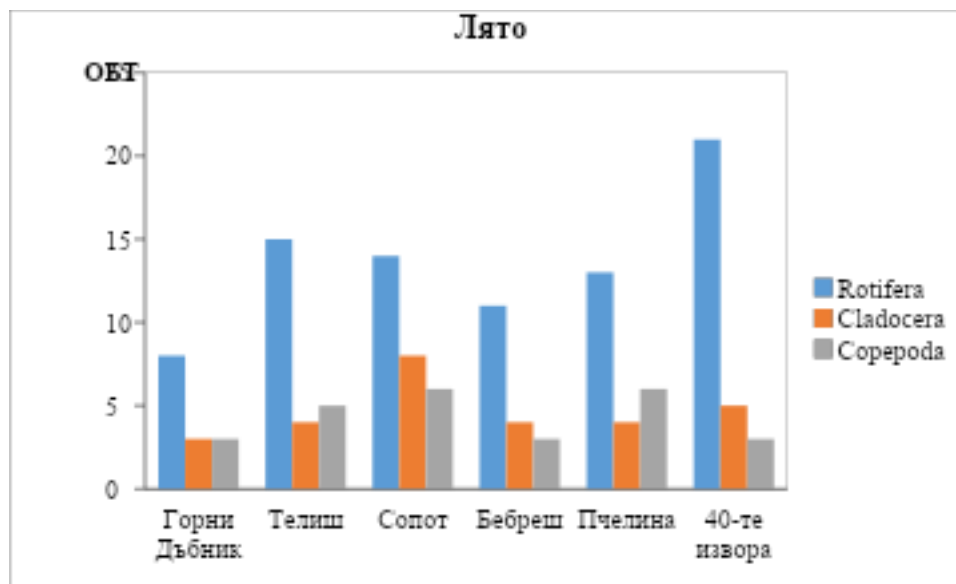
Фигура 10. Общ брой таксони в изследваните водни обекти сумарно за 2016 и 2017 г.

Най-висок ОБТ (29) бе установен през летния сезон в яз. Четиридесетте извора, а най-нисък (9) - през пролетта в яз. Телиш. През лятото най-многобройни бяха ротиферите, а най-бедни бяха групите на кладоцерите и копеподите през пролетта (Фиг. 11, 12).

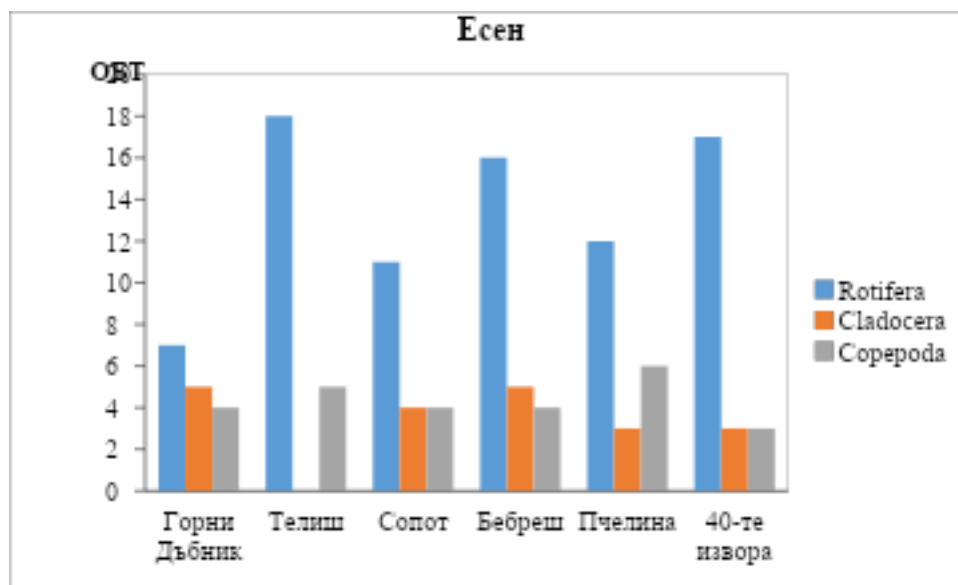


Фигура 11. Общ брой таксони от основните зоопланктонни групи, регистрирани през пролетта на 2016 - 2017 г.

През есента най-висок ОБТ беше установен в яз. Бебреш (25), най-нисък в яз. Горни Дъбник (15), а представители на кладоцерите отсъстваха в яз. Телиш (Фиг. 13).



Фигура 12. Общ брой таксони от основните зоопланктонни групи, регистрирани през лятото на 2016 - 2017 г.



Фигура 13. Общ брой таксони от основните зоопланктонни групи, регистрирани през есента на 2016 - 2017 г.

Най-богато на таксони бе семейство Brachionidae (тип Rotifera) с 15 вида, от които *Keratella tecta* и *K. cochlearis* се срещат във всички водоеми през различните сезони, а *K. irregularis* и *K. irregularis wartmanni* се срещат предимно през есента. Ротиферата *Brachionus angularis* бе установена във всички изследвани язовири с изключение на яз. Телиш. Тя е характерна за водоеми с повишена трофност. Друг вид, установен във всички изследвани ВТ е *Anuraeopsis fissa*, но той бе регистриран предимно през есента.

Семейство Trichocercidae е представено със 7 вида. Космополитната *Trichocerca similis* се среща във всички водоеми през различните сезони, като най-голяма е числеността ѝ през лятото. Друг космополитен вид *T. cylindrica*, е масов единствено в яз. Четиридесетте извора през всички сезони.

Във всички водоеми се срещат таксони от семейство Asplanchnidae. Два от тях, *Asplanchna girodi* и *A. henrieta* са регистрирани само в яз. Сопот. Семейство Synchaetidae е представено от 2 рода: *Synchaeta* и *Polyarthra*. Представителите на род *Synchaeta* се срещат в 6 водоема през пролетния сезон. *Polyarthra major* е регистрирана и в шестте язовира, предимно през есента, докато *P. remata* се среща през пролетта в яз. Пчелина и Четиридесетте извора. Последният е многогодишен (перениращ) вид за яз. Пчелина.

Космополитната ротифера *P. dolichoptera* извършва вертикални миграции през лятото и се натрупва в хиполимниона, което бе потвърдено и от нашите резултати за яз. Бебреш и Сопот. Предсатвители от семейство Testudinellidae бяха открити само през есента в яз. Четиридесетте извора: космополитният вид и индикатор за еутрофно състояние *Testudinella patina* и *Pompholyx sulcata*. Еупланктонният вид *Fillinia longiseta* е регистриран в шестте водоема в различни сезони. От семейство Hexarthridae открихме род *Hexarthra* sp. през есента, само в яз. Бебреш и Четиридесетте извора. Повечето от откритите ротифери (40 таксона) бяха регистрирани през есента.

Представени са 7 семейства от надразред Cladocera. Семейство Daphniidae е представено с най-много таксона (8), докато Polyphemidae, Leptodoridae и Cercopagidae са представени всяко от по един таксон. Установихме кладоцерата *Daphnia galeata* в 6 от водоемите през различните сезони. Единствената регистрация на *D. mentodea* е през есента в яз. Пчелина, а *D. pulex* е установена през пролетта и лятото, само в яз. Четиридесетте извора.

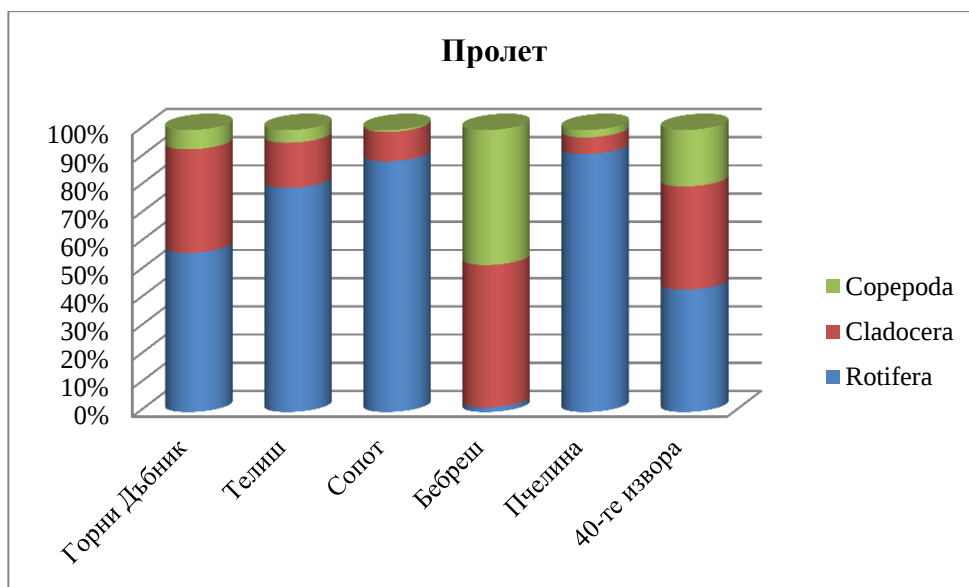
Leptodora kindtii е хищен вид. Регистрирахме го през лятото в яз. Сопот, Пчелина, Горни Дъбник и Телиш, в пелагичната зона и на дълбочина до 10 метра. Топлолюбивият вид *Diaphanosoma mongolianum* се среща предимно през лятото и есента; в нашите проби видът бе регистриран през различните сезони в 5 от изследваните язовири. Род *Moina* е регистриран предимно през летния период. Кладоцерите *Simocephalus serrulatus* и *Ceriodaphnia pulchella* бяха установени само в яз. Пчелина.

Шест рода от семейство Cyclopidae се срещат във всички изследвани водоеми. Най-често срещаните видове от разред Cyclopoida са *Thermocyclops crassus* и *Cyclops vicinus*, които се срещат предимно в мезо- или еутрофни води. За *C. vicinus* се знае, че е консуматор на фитопланктон. Открит бе в яз. Пчелина и Телиш, а *Th. crassus* беше регистриран през всички изследвани сезони и във всички язовири, с изключение на яз. Бебреш. Редки видове, открити еднократно в язовирите са *Cyclops strennus*, *Mesocyclops* sp., *Thermocyclops dubowskii* и *Macrocyclus albidus*. Най-често срещаният вид от разред Calanoida, разпространен във всички водоеми, бе *Eudiaptomus gracilis*.

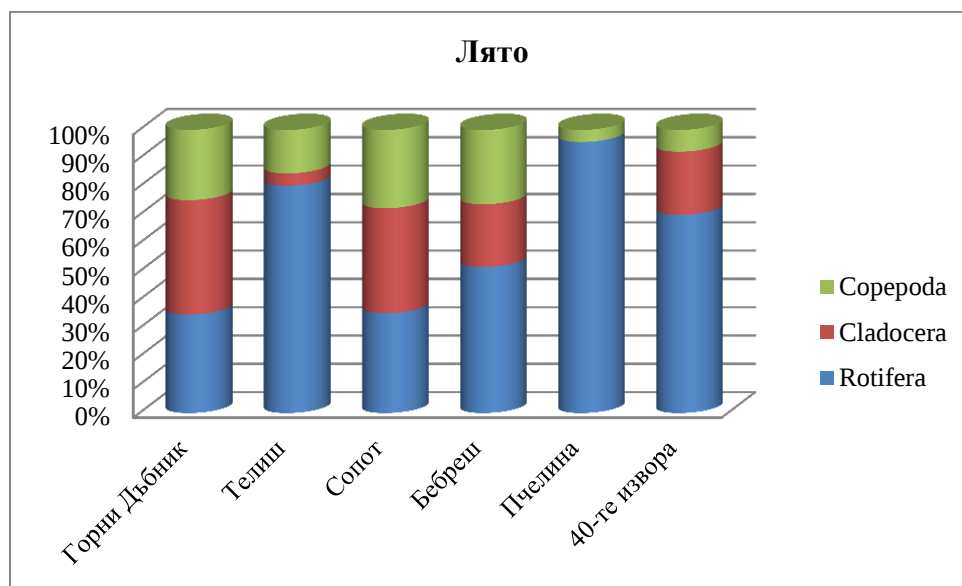
Най-високата численост на зоопланктона е регистрирана през лятото в яз. Четиридесетте извора (407 978 инд.м⁻³), а най-ниската (394 инд.м⁻³) - през есента в яз. Бебреш. Ниската стойност е възможно да се дължи на промени във водния обем, т.к. през

този сезон язовира беше с ниски водни нива. През следващата есен е измерена численост 271 780 инд.м⁻³.

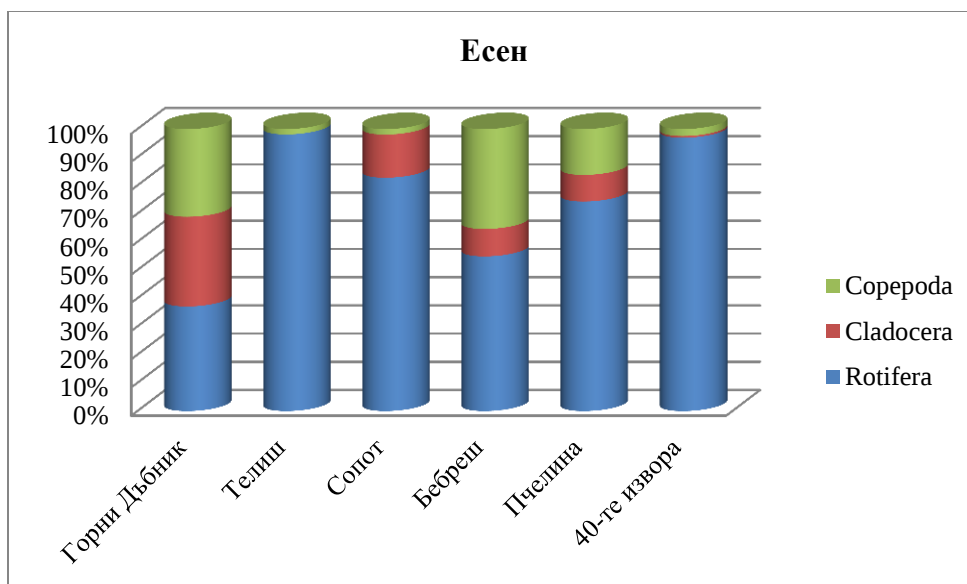
Най-високо бе относителното обилие на ротиферите (между 45 и 98%) във всички водоеми, следвани в повечето случаи от копеподите с 0,6 - 35,4%. Изключение прави яз. Бебреш, където относителното обилие на ротиферите бе 1,7%, а на копеподите – 47,9% (Фиг. 14, 15, 16). Относителният дял на кладоцерите варираше между 4,3 и 50,4%.



Фигура 14. Относително обилие (%) през сезон пролет 2016 и 2017 г.



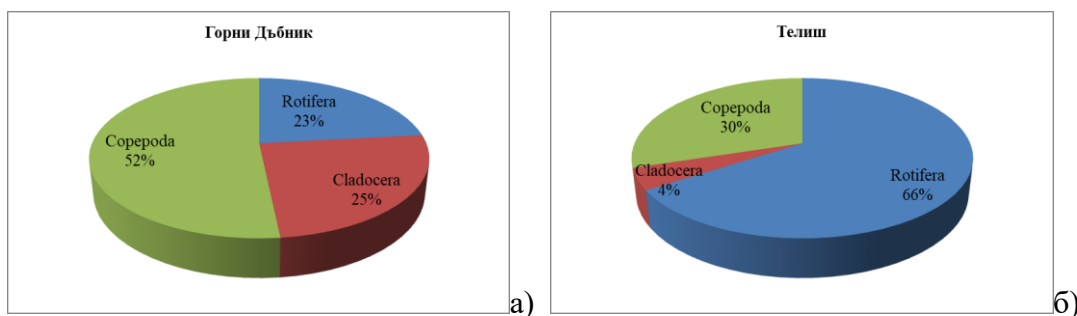
Фигура 15. Относително обилие (%) през сезон лято 2016 и 2017 г.

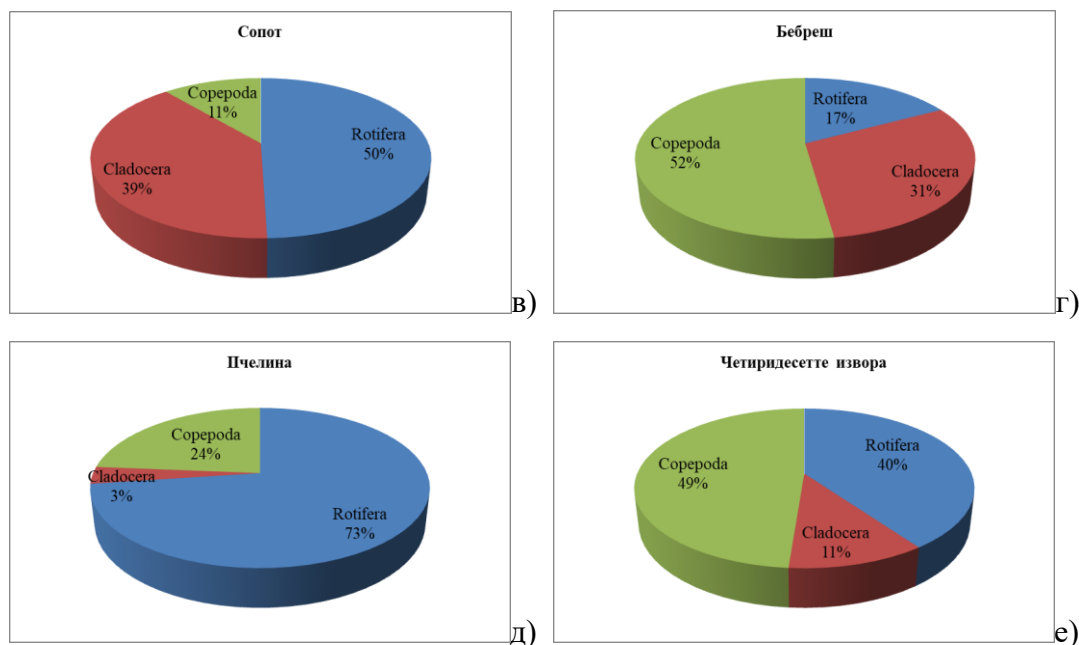


Фигура 16. Относително обилие (%) през сезон есен 2016 и 2017 г.

През летния сезон числеността варираше от 13 997 инд.м⁻³ (яз. Телиш) до 407 978 инд.м⁻³ (яз. Четиридесетте извора), а биомасата - от 222,76 мг.м⁻³ (яз. Телиш) до 1638,92 мг.м⁻³ (яз. Четиридесетте извора). Ротиферите беха между 31-86%, клadoцерите - 3-73% и копеподите - 4-64% от общия зоопланктон през различните сезони.

Зоопланктонната биомаса варираше между 27,72 мг.м⁻³ в яз. Бебреш и – 2649,71 мг.м⁻³ в яз. Четиридесетте извора. В процентно съотношение най-голям дял имаше групата на ротиферите – 45%, следвана от копеподите – 36% и клadoцерите – 19%. На Фиг. 17 е представен осреднен % дял на зоопланктонните групи за периода на изследването. Представители от групата на клadoцерите не са открити през летния сезон в яз. Телиш и Пчелина и през есенния в яз. Пчелина.





Фигура 17 (а-е). Биомаса на основните зоопланктонни групи (процентен дял) в изследваните водоеми за 2016 и 2017 г.

Данните за зоопланктона на яз. Конуш и Синята са публикувани в:

Публикация 1. [Subeva M., Evtimova V., Kenderov L. 2018. New data on zooplankton communities of two Bulgarian reservoirs: Konush and Sinyata Reka, Plovdiv Region. *Journal of BioScience and Biotechnology*, 7 \(1\): 17–22](#)

Допълнителна фаунистична информация за зоопланктона може да бъде открита тук:

Публикация 2. [Subeva M., Evtimova V., Kenderov L. & Tyufekchieva V. 2025. Associations of the Zooplankton Communities with the Trophic State and Ecological Potential of Reservoirs. *Acta Zoologica Bulgarica* 77 \(1\): 93-105](#)

Данните за таксономичния състав на макрозообентоса са публикувани в:

Публикация 3. [Subeva M., Evtimova V., Kenderov L., Dashinov D., Teofilova T., Stoianova D., Georgieva G., Vidinova Y., Uzunov Y. 2019. Assessment of ecological potential and the benthic macroinvertebrates of eight reservoirs in Bulgaria. *Ecologia Balkanica*, 11 \(1\): 93–107](#)

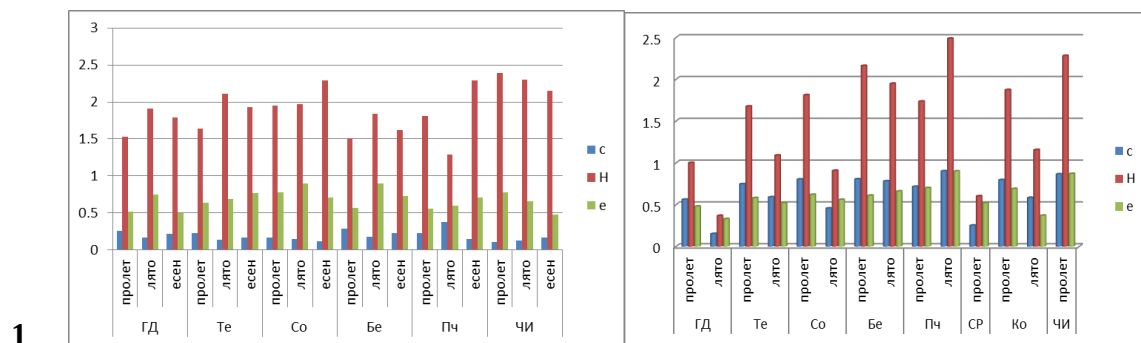
5.1.2 Биоценотични индекси

Стойностите на индекса за видово разнообразие H варираха между 1,29 (яз. Пчелина) и 2,39 (яз. Четиридесетте извора) през различните сезони (Фиг. 18а). Високите стойности на яз. Четиридесетте извора корелират с β -мезосапробни условия и се дължат

на относително равномерно разпределение на отделните таксони. През лятото в яз. Пчелина стойностите от 1,29 корелираха с α -мезосапробни условия. При макрозообентоса данните на индекса Н варираха между 0,37 (яз. Горни Дъбник) и 2,49 (яз. Пчелина), като и двете стойности бяха измерени през летния сезон.

Индексът на доминиране (с) е нисък в 2 от водоемите (Сопот и Четиридесетте извора) и предполага олигосапробни условия. Това се определя от сходното изобилие на повечето доминиращи видове за всички групи зоопланктон. Значително по-високи бяха стойностите на с за макрозообентосното съобщество: между 0,25 за яз. Синята река и 0,87 за яз. Четиридесетте извора (Фиг. 18б). Това е възможно да се дължи на промени в условията на водната среда през различните сезони, видовия състав на макрозообентосните семейства и техният жизнен цикъл.

Индекса за изравненост (е) се доближаваше до 1 през изследваните сезони за всички водоеми (Фиг.18а). От една страна стойности над 0,7 съответстват на олигосапробия, а от друга страна е възможно по-високите стойности на индекса да се дължат на факта, че всички таксони имат подобно изобилие. Изравнеността между МЗБ видове е най-висока в яз. Пчелина, Четиридесетте извора и Конуш през пролетта и лятото, което е възможно да се дължи на относително равномерно количествено разпределение на отделните таксони. При останалите язовири отчетените стойности бяха в диапазона 0,37 - 0,66 (Фиг. 18б).



Фигура 18. Структурни параметри на зоопланктонното (а) и макрозообентосното (б) съобщество. Легенда: с – Индекс за доминиране, Н – Индекс за видово разнообразие, е – Индекс за изравненост.

5.2 Сапробни индекси

[Публикация 2.](#) [Subeva M., Evtimova V., Kenderov L. & Tyufekchieva V. 2025. Associations of the Zooplankton Communities with the Trophic State and Ecological Potential of Reservoirs. *Acta Zoologica Bulgarica* 77 \(1\): 93-105.](#)

5.3 Индекси за трофично състояние

[Публикация 2.](#) [Subeva M., Evtimova V., Kenderov L. & Tyufekchieva V. 2025. Associations of the Zooplankton Communities with the Trophic State and Ecological Potential of Reservoirs. *Acta Zoologica Bulgarica* 77 \(1\): 93-105.](#)

[Публикация 3.](#) [Subeva M., Evtimova V., Kenderov L., Dashinov D., Teofilova T., Stoianova D., Georgieva G., Vidinova Y., Uzunov Y. 2019. Assessment of ecological potential and the benthic macroinvertebrates of eight reservoirs in Bulgaria. *Ecologia Balkanica*, 11 \(1\): 93–107.](#)

[Публикация 4.](#) [Subeva M., Kenderov L., Evtimova V. 2017. Trophic status and ecological potential of reservoirs in Bulgaria based on selected parameters. *Annuaire de L'Universite De Sofia "Kliment Ohridski"*, 102 \(4\): 218–232.](#)

5.4 Екологичен потенциал спрямо БЕК макрзообентос

[Публикация 2.](#) [Subeva M., Evtimova V., Kenderov L. & Tyufekchieva V. 2025. Associations of the Zooplankton Communities with the Trophic State and Ecological Potential of Reservoirs. *Acta Zoologica Bulgarica* 77 \(1\): 93-105.](#)

[Публикация 3.](#) [Subeva M., Evtimova V., Kenderov L., Dashinov D., Teofilova T., Stoianova D., Georgieva G., Vidinova Y., Uzunov Y. 2019. Assessment of ecological potential and the benthic macroinvertebrates of eight reservoirs in Bulgaria. *Ecologia Balkanica*, 11 \(1\): 93–107.](#)

5.5 Екологичен потенциал спрямо физични и хидрохимични показатели на изследваните водни обекти

[Публикация 2.](#) [Subeva M., Evtimova V., Kenderov L. & Tyufekchieva V. 2025. Associations of the Zooplankton Communities with the Trophic State and Ecological Potential of Reservoirs. *Acta Zoologica Bulgarica* 77 \(1\): 93-105.](#)

[Публикация 3.](#) Subeva M., Evtimova V., Kenderov L., Dashinov D., Teofilova T., Stoianova D., Georgieva G., Vidinova Y., Uzunov Y. 2019. Assessment of ecological potential and the benthic macroinvertebrates of eight reservoirs in Bulgaria.

[Публикация 4.](#) Subeva M., Kenderov L., Evtimova V. 2017. Trophic status and ecological potential of reservoirs in Bulgaria based on selected parameters. *Annuaire de L'Universite De Sofia "Kliment Ohridski"*, 102 (4): 218–232.

5.6 Зоопланктонни таксони индикиращи конкретно трофично състояние или екологичен потенциал

[Публикация 2.](#) Subeva M., Evtimova V., Kenderov L. & Tyufekchieva V. 2025. Associations of the Zooplankton Communities with the Trophic State and Ecological Potential of Reservoirs. *Acta Zoologica Bulgarica* 77 (1): 93-105

6. Обобщени резултати и изводи

1. На база 147 зоопланктонни проби установихме 84 таксона, принадлежащи към тип Rotifera (56), надразред Cladocera (18) и подклас Copepoda (10). Най-висок ОБТ бе регистриран в яз. Четиридесетте извора през лятото (29) и за целия период на изследването (41), а най-нисък (9) - през пролетта в яз. Телиш и в яз. Горни Дъбник за целия период на изследването (18).

2. Най-разнообразна в таксономично отношение бе групата на ротиферите в летните проби, а най-слабо представени са групите на кладоцерите и копеподите през пролетта. Най-висока бе биомасата на зоопланктон през всички изследвани сезони в яз. Четиридесетте извора, където бе регистрирана и най-висока численост през летния сезон. Най-ниската численост и биомаса на зоопланктона бяха установени през есента в яз. Бебреш.

3. Зоопланктонът в изследваните СМВТ беше представен предимно от еврибионтни видове, силно толерантни към факторите на средата. Наблюдава се смяна на доминантните видове, промени в числеността и биомасата, свързани със сезонност, а вероятно и с колебания във водните нива и хищническа преса. Преобладаващият ротиферно-кладоцерен характер на зоопланктона, относително по-слабото развитие на

копеподите, както и сезонната динамика на групите, предполагат по-голям брой обекти на изследването с мезо- и еутрофен характер.

4. Установени бяха 102 макрозообентосни таксона. С най-голям брой таксони бяха семейство Chironomidae от разред Diptera (32), разред Coleoptera (14), подразред Heteroptera (13) и подклас Oligochaeta (11). Най-голям бе броят на установените таксони в яз. Телиш (32) и яз. Конуш (18), а най-нисък - в яз. Синята река (2). Най-висока численост на МЗБ бе измерена през летния сезон в яз. Конуш (2062 инд.м⁻³), а най-ниска - през пролетния в яз. Бебреш (16 инд.м⁻³).

5. Високите стойности на биоценотичните индекси на зоопланктона и МЗБ през различните сезони корелираха с β -мезосапробни условия, а ниските отговаряха на α -мезосапробни условия. Ниските стойности на индекса за доминиране, кореспондираха с олигосапробни условия на база зоопланктон (яз. Сопот и Четиридесетте извора). Значително по-високи бяха стойностите базирани на МЗБ.

6. Стойностите на класическия трофичен индекс TSI бяха високи и кореспондираха на олиго-мезотрофно състояние за всички изследвани язовири, докато резултатите за индекса RCC определиха язовирите в мезо-еутрофни условия с изключение на яз. Бебреш, където условията бяха олиготрофни.

7. Стойностите на сапробните индекси SPB и Sr% базирани на зоопланктонните ценози индикираха от олигосапробни до β -мезосапробни условия в пелагичната зона, което показва липса на сериозни органични натоварвания, докато литоралните дънни бентосни ценози кореспондираха на β -мезосапробни до α -мезосапробни условия. Само в 35% от случаите имаше съвпадение в сапробните условия, а за останалите проби бе установено несъответствие с около един порядък в сапробиологичните индекси SPB и Sr% за пелагичната и литоралната зони.

8. Изследването показва необходимостта от комплексна оценка и допълнителни проучвания за тестване на трофични и сапробни индекси за оценка на екологичния потенциал и адаптирането им за СМВТ. Резултатите получени от индекс PETI на база макрозообентос са неубедителни в сравнение с използването на биотичните индекси BI и BMMI.

9. Идентифицирани като значими индикатори са 21 зоопланктонни таксона, 13 от които са с индикаторна стойност на индекса IndVal > 50%. Най-значима и устойчива

връзка както на съобществото на зоопланктона, така и на факторите на средата е регистрирана с индекса на трофично състояние (TSI) и проводимостта.

10. Индикаторни видове за екологичен потенциал на референтни условия на база хлорофил а бяха ротиферите *Filinia longiseta* и *Polyarthra major*, за ДЕП и по-висок потенциал – *Thermocyclops crassus*, за МЕП – *Testudinella reflexa*, *Daphnia longispina*, *D. galeata* и *Cyclops vicinus*, за ЛЕП – *Keratella tecta* и *Branchionus angularis*.

11. Индикатор за ДЕП с положителна корелация с прозрачността по Секки бе каланоидата *Eudiaptomus gracilis*, а за УЕП - ротиферата *Keratella tecta*. Индикаторен вид за ДЕП свързан с електропроводимостта бе ротиферата *Polyarthra remata*, а за УЕП свързан с общия фосфор във водата - *Keratella cochlearis*.

12. Индикаторни видове за олиготрофно състояние (определено чрез TSI) бяха *Trichocerca similis* и *Eudiaptomus gracilis*, за мезотрофно - *Keratella cochlearis*, *Asplanchna priodonta* и *Cyclops vicinus*, а представители на род *Asplanchna* и *Keratella irregularis* - за еутрофно.

13. Потвърждава се хипотезата, че зоопланктонни таксони биха могли да се използват като биондикатори на трофичните условия на всеки от язовирите и да отразяват техният екологичен потенциал или трофност, благодарение на установената връзка между динамиката в присъствието на дефинираните индикаторни видове и промените в стойностите на факторите на околната среда.

7. Приноси

7.1 Приноси с научен характер

1. За пръв път е изследван таксономичният състав (вкл. количествени параметри) и структурата на зоопланктонните съобщества в 4 равнини язовира, а именно яз. Горни Дъбник (L14), Телиш (L16), Конуш (L17) и Синята река (L17).

2. За пръв път е направено описание на таксономичния състав на макрозообентосното съобщество за яз. Четиридесетте извора (L17) и Синята река (L17).

3. На база на нашите изследвания бе установено, че най-значими за състава на зоопланктона са проводимостта и общия фосфор, а с косвена роля са температурата на водата, хлорофил а и прозрачността.

4. За пръв път е изготвена сапробиологична оценка на избраните стоящи ВТ, като са използвани индикаторни видове от зоопланктонното и от макрозообентосното съобщество.

5. Потвърдена е разлика в сапробните условия от една сапробна степен определени чрез макрозообентосните съобщества в литоралната (β -мезосапробни до α -мезосапробни) и чрез зоопланктонните съобщества в пелагичната зона (от олигосапробни до β -мезосапробни) на изследваните СМВТ.

7.2 Приноси с приложен характер

6. Потвърждава се приложимостта на индекса RCC като инструмент за оценка на трофичното състояние чрез зоопланктонното съобщество на стоящи ВТ.

7. Определени са индикаторни зоопланктонни таксони, които индикират определени трофично състояние и/ли екологичен потенциал на язовирите и могат да бъдат използвани за оценка на СМВТ в страната.

8. Потвърждава се по-голямата чувствителност на новия биотичен индекс ВММІ в сравнение с ВІ за оценка на екологичния потенциал в стоящи ВТ чрез БЕК макрозообентос.

Списък с научните публикации:

1. Subeva M., Kenderov L., Evtimova V. 2017. Trophic status and ecological potential of reservoirs in Bulgaria based on selected parameters. *Annuaire de L'Universite De Sofia "Kliment Ohridski"*, 102 (4): 218–232.
2. Subeva M., Evtimova V., Kenderov L. 2018. New data on zooplankton communities of two Bulgarian reservoirs: Konush and Sinyata Reka, Plovdiv Region. *Journal of BioScience and Biotechnology*, 7 (1): 17–22.
3. Subeva M., Evtimova V., Kenderov L., Dashinov D., Teofilova T., Stoianova D., Georgieva G., Vidinova Y., Uzunov Y. 2019. Assessment of ecological potential and the benthic macroinvertebrates of eight reservoirs in Bulgaria. *Ecologia Balkanica*, 11 (1): 93–107
4. Subeva M., Evtimova V., Kenderov L. & Tyufekchieva V. 2025. Associations of the Zooplankton Communities with the Trophic State and Ecological Potential of Reservoirs. *Acta Zoologica Bulgarica* 77 (1): 93–105.

Списък с участия в конференции, докладващи резултати по темата на дисертация

1. Subeva M., Kenderov L., Evtimova V. 2016. Trophic status and ecological potential of reservoirs in Bulgaria based on selected parameters. Младежка научна конференция „Климентови дни“, Биологически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“, 17–18.11.2016 г., гр. София. (постер) <https://conf2016.biofac.info/>
2. Subeva M., Evtimova V., Kenderov L. 2017. First data on zooplankton communities of two Bulgarian reservoirs: Konush and Sinyata Reka, Plovdiv Region. 4th Balkan Scientific Conference on Biology, Faculty of Biology, University of Plovdiv 'Paisii Hilendarski', 1-3 November, 2017, Plovdiv, Bulgaria. (доклад) <https://bio.uniplovdiv.bg/documents/2017/06/balkanbio-2017.pdf/>
3. Subeva M., Evtimova V., Kenderov L., Dashinov D., Teofilova T., Stoianova D., Georgieva G., Uzunov Y., Vidinova Y. 2018. Ecological potential and benthic macroinvertebrate composition of eight reservoirs, Bulgaria. Third Anniversary Scientific Conference on Ecology' 2018 '30 Years Department of Ecology and Environmental Conservation', Faculty of Biology,

University of Plovdiv 'Paisii Hilendarski', 2-3 November 2018, Plovdiv, Bulgaria. (постер).
<http://web.uni-plovdiv.bg/ecology/TACE2018/#Programme>

4. Subeva M., Evtimova V., Kenderov L. 2019. Cladoceran and copepod (Crustacea) complexes from eight Bulgarian reservoirs. „International Seminar of Ecology – 2019“ Dedicated to the 75th Anniversary of USB and the 150th BAS, 18–19.04.2019, Sofia, Bulgaria. (доклад) <https://seminarofecology.wixsite.com/2024/seminar2019>