

Българска академия на науките

Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания

Автореферат

За присъждане на образователната и научна степен „Доктор”

на Никола Сашов Бънков

**Състав, разпространение и екологична характеристика на
текамебните съобщества от сфагновите мъхове в
България**

Докторска програма „Зоология”

Научни ръководители:

доц. д-р Милчо Тодоров

доц. д-р Анна Ганева



София, 2022



Дисертацията е разработена в рамките на редовна докторантура в Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания – БАН.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширено заседание на колегиума на отдел „Животинско разнообразие и ресурси” към Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания при БАН, състояло се на 12.01.2022 г.

Дисертационният труд е с общ обем 170 страници и съдържа 9 основни раздела, включително 23 таблици и 54 фигури. Списъкът на цитираната литература съдържа 247 заглавия, от които 16 на кирилица и 231 на латиница.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на.....от.....часа в, на открито заседание на избраното научно жури (назначено със Заповед на Директора на ИБЕИ-БАН №) в състав:

Вътрешни:

Проф. д-р Даниела Пиларска (ИБЕИ-БАН)

Доц. д-р Милчо Тодоров (ИБЕИ-БАН) – научен ръководител

Външни:

Акад. Васил Големански (пенсионер)

Доц. д-р Росица Давидова (Шуменски университет)

Доц. д-р Петър Шурулинков (НПМ-БАН)

Резерви:

Проф. д-р Влада Пенева (ИБЕИ-БАН)

Доц. д-р Ростислав Бекчиев (НПМ-БАН)

БЛАГОДАРНОСТИ:

Изказвам искрена благодарност на моите научни ръководители и учители – доц. д-р Милчо Тодоров и доц. д-р Анна Ганева за безрезервната подкрепа, оказаната помощ, ценните съвети и проявеното търпение при реализирането на настоящия труд.

Благодаря на ръководството на ИБЕИ – БАН за предоставената възможност и лично на ръководителя на отдел „Животинско разнообразие и ресурси“ проф. д.б.н. Бойко Георгиев, както и на ръководителя на секция „Биоразнообразие и екология на безгръбначните животни“ проф. д-р Влада Пенева.

Признателен съм на акад. проф. д.б.н. Васил Големански, проф. д-р Даниела Пиларска и проф. д-р Снежана Грозева за ценните съвети и напътствия при разработката на дисертацията. Благодарен съм на всички колеги за дискусиите и ценните съвети по време на заседанията на отдела.

Дължа специална благодарност на проф. д-р Васил Попов, гл. ас. д-р Виолета Тюфекчиева и инж. химик Иван Ботев за оказаната помощ при статистическата обработка на данните и препоръките при изготвяне на дисертационния труд.

Искам специално да благодаря на моята годеница Силвия Кроснева, на семейството и приятелите ми за търпението и оказаната емоционална подкрепа.

1. Увод

Черупчестите амеби, наричани още тестацеи или текамеби, са свободноживеещи, едноклетъчни еукариотни организми, чиято амебоидна клетка е покрита с външен скелет (черупка). Въз основа на морфологията на псевдоподите, черупчестите амеби традиционно са разделяни на две групи – Arcellinida (с лобоподи) и Euglyphida (с филоподи) (Meisterfeld 2002a, b). Навлизането на молекулярните методи и натрупването на данни за филогенетичните взаимоотношения доведе до цялостна ревизия на класификацията на тестаците. Понастоящем е известно, че черупчестите амеби са полифилетична група, съставена от най-малко три големи, неродствени таксономични линии едноклетъчни еукариоти: Amoebozoa, Stramenopiles и Cercozoa (Adl et al. 2012, 2019).

Тестаците са повсеместно разпространени – срещат се от тропиците до полярните области. Обитават сухоземни и водни местообитания, вариращи от устия на реки, през езерни седименти, почви и листна постилка, като са особено обилни и разнообразни в торфените мъхове (род *Sphagnum*). Някои видове са колонизирали интерстициалната и супралиторалната зона на морето (Meisterfeld 2002a,b). Наблюдават се големи вариации в размерите: най-малките (*Meisterfeldia*, *Cryptodifflugia*) са под 10 μm дължина, докато най-големите (*Difflugia*, *Lagenodifflugia*, *Cyclopyxis*) могат да достигнат над 450 μm (Bobrov 2016; Meisterfeld 2002a,b).

Наличните фосилни данни датират първите черупчести амеби през неопротерозойската ера (Porter & Knoll 2000; Bosak et al. 2011; Morais et al. 2019). Групата е с морски произход, характеризира се с голямо разнообразие на форми и размери. Приема се, че тестаците са осъществили няколко независими колонизирания на сладководните местообитания и почвената среда. Първото такова се е осъществило през палеозойската ера, като се предполага, че е настъпило паралелно с колонизирането на земната повърхност от васкуларните растения (Strullu-Derrien et al. 2019). По-голямото количество на фосилни данни от мезозойската ера се дължи на съхраняването на черупките в кехлибар (Poinar et al. 1993). Регистрирани са голям брой морфотипове, принадлежащи към семействата Centropyxidae, Phryganellidae, Difflugiidae, Hyalospheniidae и Trigonopyxidae. Всички установени черупки са изградени от ксенозоми и/или имат протеинова структура. За пръв път през неозойската ера се наблюдават черупки, изградени от силициеви идиозоми. Натрупаните данни от неозойската ера разкриват сходни екологични предпочитания със съвременните видове черупчести амеби, което е предпоставка за прилагането им в биостратиграфията.

Проучванията върху тази група значително се увеличиха през последните две десетилетия, поради нарастващата им употреба в различни приложни аспекти. Черупчестите амеби са добър модел за таксономичните и еволюционните проучвания, поради тяхното изобилие, разнообразие и наличие на черупка, която е надежден таксономичен белег, използван за диагностика на отделните видове. Тези характеристики са предпоставка за използването им като биоиндикатори в екологичните проучвания (Charman & Warner 1997; Mitchell et al. 2000; Booth 2002, 2007; Lamentowicz & Mitchell 2005; Qin et al. 2013; Payne et al. 2016). Различните екологични изисквания на отделните видове, както и съхранението на техните черупки след смъртта на организма, ги прави изключително ценни в палеонтологичните проучвания при палеоекологични реконструкции (Tolonen 1986; Charman et al. 1998, 2001; Charman 2001; Mitchell et al. 2008; Swindles et al. 2009, 2015). Установената чувствителност на различните видове тестаеи спрямо екологичните градиенти, в комбинация с бързата реакция на промените в параметрите на средата (ниво на подпочваните води, засушаване, атмосферно замърсяване, обезслесяване, последици от различна човешка дейност), са предпоставки за използването им като биомонитори за състоянието на околната среда (Booth 2007; Nguyen-Viet et al. 2007; Payne et al. 2012; Nasser et al. 2016). Черупчестите амеби активно участват в кръговрата на въглерода, азота и силиция в сухоземните екосистеми (Aoki et al. 2007; Jassey et al. 2015).

2. Цел и задачи

Целта на изследването е да се изяснят видовият състав, разпространението и екологичните особености на сфагнофилните черупчести амеби от България.

За постигането на тази цел са поставени следните изследователски задачи:

1. Установяване на видовия състав и разпространението на черупчестите амеби в сфагновите мъхове от България;
2. Събиране на данни и сравнителен анализ на числеността, доминантната структура и екологичните особености на текамебните съобщества в изследваните райони;
3. Установяване на закономерности в разпространението на текамебите в зависимост от вида на изследваните мъхове от род *Sphagnum*;
4. Установяване на специфики в състава и структурата на текамебните съобщества в зависимост от някои параметри на околната среда (pH, t°, O₂, електропроводимост, ниво на подпочвената вода, надморска височина);

5. Получаване на данни за морфологията и ултраструктурата на редки и специфични сфагнофилни видове тестаеи и решаване на таксономични и филогенетични проблеми на базата на съвременни електронно-микроскопски изследвания.

3. Материали и методи

3.1. Материали

3.1.2. Събиране и обработка на биологичния материал

Събран е биологичен материал от планините Витоша, Стара планина, Рила, Пирин и Родопите, където е най-голямата концентрация на сфагнови мъхове в България. Във всяка планина са изследвани между 3 и 5 района, изолирани един от друг. От всеки изследван район са взети проби от всички установени видове сфагнови мъхове. Концентрирани проби за определяне на видовия състав (50 ml) са събирани чрез изцеждане на сфагновите мъхове на място. За количествените изследвания от всяко находище на даден вид мъх е взимана усреднена проба от различни участъци (около 200 g. свежо тегло). Така събраните проби са разделяни на две, като едната част е съхранена в свежо състояние за лабораторна обработка – определяне числеността на установените черупчести амеби, идентификация на сфагновите мъхове и определяне на водното съдържание. Другата част от пробата е фиксирана с 95% етанол и е съхранена като сравнителен материал. За трите години на докторантурата са събрани и обработени общо 266 проби (1 качествена и 1 количествена от 133 находища на 17 вида сфагнови мъхове).

От Витоша са изследвани 3 обособени района – Платото, горна тераса на Платото и местността Коняръника. Общият брой на събраните проби е 60 от 30 находища. Разпределението им по райони е както следва: 22 проби от 11 находища на 7 вида сфагнови мъхове в горната тераса на Платото, 22 проби от 11 находища на 6 вида сфагнови мъхове в Платото и 16 проби от 8 находища на 5 вида сфагнови мъхове в местността Коняръника.

От Стара планина са изследвани три обособени района – Петрохан, районът около х. Планински извори и районът между с. Копиловци и х. Копрен. Общият брой на събраните проби е 44 от 22 находища. Разпределението им по райони е както следва: 20 проби от 10 находища на 8 вида сфагнови мъхове в района на Петрохан, 14 проби от 7 находища на 4 вида сфагнови мъхове от района около х. Планински извори и 10

проби от 5 находища на 2 вида сфагнови мъхове в района между Копиловци и х. Копрен.

От Рила са изследвани пет обособени района – яз. Белмекен, Рибните езера – Смардливо езеро – местност Тиха Рила, Брежански ливади, Седемте рилски езера (Близнака и Детелината) и с. Говедарци. Общият брой на събраните проби е 62 от 31 находища. Разпределението им по райони е както следва: 18 проби от 9 находища на 4 вида сфагнови мъхове от яз. Белмекен, 20 проби от 10 находища на 6 вида сфагнови мъхове от Рибни езера-Смардливо езеро-местност Тиха Рила, 12 проби от 6 находища на 5 вида сфагнови мъхове от местността Брежански ливади, 10 проби от 5 находища на 3 вида сфагнови мъхове от Седемте рилски езера и 2 проби от 1 находище на 1 вид сфагнов мъх от с. Говедарци.

От Пирин са изследвани пет обособени района – Северен Пирин (долината на р. Демяница; Превалски езера и долината на р. Глазне), Попово езеро, долината на р. Беговица, Тевно езеро и местността Попови ливади. Общият брой на събраните проби е 50 от 25 находища. Разпределението им по райони е както следва: 16 проби от 8 находища на 4 вида сфагнови мъхове от Северен Пирин (долината на р. Демяница; Превалски езера и х. Вихрен), 14 проби от 7 находища на 4 вида сфагнови мъхове от Попово езеро, 12 проби от 6 находища на 6 вида сфагнови мъхове от долината на р. Беговица, 4 проби от 2 находища на 2 вида сфагнови мъхове от Тевно езеро и 4 проби от 2 находища на 2 вида сфагнови мъхове от местността Попови ливади.

От Родопите са изследвани три обособени района – Чаирски езера, яз. Широка поляна – яз. Голям Беглик и Смолянски езера. Общият брой на събраните проби е 50 от 25 находища. Разпределението им по райони е както следва: 10 проби от 5 находища на 2 вида сфагнови мъхове от Чаирските езера, 20 проби от 10 находища на 8 вида сфагнови мъхове от яз. Широка поляна-яз. Голям Беглик и 20 проби от 10 находища на 5 вида сфагнови мъхове от Смолянските езера.

3.2. Методи

3.2.1. Измерване на физични и химични параметри на средата

Паралелно с пробонабирането, във всяко от находищата е осъществено измерването на следните физични и химични параметри: температура на въздуха, температура на водата, рН, електропроводимост, концентрация на кислорода (mg/l) и процентно съдържание на разтвори в водата кислород. Тези измервания са осъществени с помощта на мултифункционално устройство CX-401 (Elmetron). В допълнение са направени измервания на нивото на подпочвените води за всички находища. Самите измервания са осъществени чрез пиезометър.

3.2.2. Определяне на сфагновите мъхове

Определянето на видовата принадлежност на пробите от род *Sphagnum* е извършено в лабораторни условия с помощта на светлинен микроскоп и след подготовка на временни микроскопски препарати. Основни диагностични белези са формата и размерите на стъбловите листа, формата и размерите на листата на разперените клонки, размер и разположение на порите по клетъчната обвивка на хиалинните (мъртвите) водозадържащи клетки, а в някои секции на рода и броя слоеве хиалинни клетки, разположени по периферията на стъблото (гледано в напречен пререз), както и оцветяването на склеродермата на стъблото (намираща се под слоя с хиалинни клетки) в червено, жълтокафяво или кафявочервено.

3.2.3. Определяне и морфологични проучвания на черупчестите амеби

Определянето на установените видове черупчести амеби е осъществено с помощта на светлинен микроскоп Amplival, като са използвани наличните определители и монографии (Penard 1902, Deflandre 1928a, 1928b, 1929, 1936; Ogden & Hedley 1980; Meisterfeld 2002a, b), както и статии от последните години, засягащи промени в систематиката на групата и в таксономията на голям брой видове (Tsiganov & Mazei 2006; Mazei & Warren 2012, 2014, 2015; Kosakyan et al. 2016b; Duckert et al. 2018). Морфологията и ултраструктурата на тестаците е изследвана с помощта на сканиращ електронен микроскоп JEOL JSM-5510.

3.2.4 Класификация на черупчестите амеби

При разработването на настоящата дисертация е възприета класификацията на висшите таксони според Adl et al. (2019). Таксономичните ревизии на някои родове и семейства, както и множество таксономични и номенклатурни промени, основаващи се на скорошни молекулярни изследвания и последващите филогенетични реконструкции, също са взети под внимание (Tsiganov & Mazei 2006; Lara et al. 2007; Mazei & Warren 2012, 2014, 2015; Kosakyan et al. 2012, 2016a, 2016b; Chatelain et al. 2013; Gomaa et al. 2013, 2017; Lahr et al. 2013, 2019; Bobrov 2016; Blandenier et al. 2017; Duckert et al. 2018).

3.2.5. Количествени изследвания на съобществата от черупчести амеби

Количественото отчитане на установените тестацеи е осъществено чрез преглеждане на временни микроскопски препарати, които са изготвени от точно определено количество (100 µl) разтвор от хомогенизирана водна проба, което съдържа

амебите, населяващи 0,1 g свеж мъх. От всяка хомогенизирана проба са правени по три повторения и за количествените анализи са взимани усреднените резултати от тях.

Честотата на срещане (pF) на конкретен вид е изчислявана по формулата:

$$pF = (m/n) \cdot 100, \text{ където:}$$

m – броят на пробите, в които е намерен видът; n – общият брой на пробите.

В зависимост от техния pF индекс, видовете са класифицирани в 3 категории:

1) постоянни, регистрирани в повече от 50 % от пробите; 2) придружаващи, регистрирани в 25 – 50% от пробите; 3) случайни, открити в по-малко от 25% от пробите.

Относителната значимост p/N , където p е броят на екземплярите от всеки вид, а N е общият брой на всички екземпляри, е използвана за определяне на доминантната структура на съобществата от сфагнофилни текамеби. Видовете са разделени на четири категории, съгласно класификацията на Tischler (1955): 1) доминантни ($p/N > 5\%$); 2) субдоминантни (между 2-5%); 3) рецедентни (между 1-2%) и 4) субрецедентни ($< 1\%$).

3.2.6. Обработка на резултатите

3.2.6.1. Структурна характеристика на текамебните съобщества.

Използвани индекси

Видовата структура на съобществата от тестаеи и тенденциите, които тя изразява, са оценени чрез различни индекси. Основната разлика между отделните индекси се състои в значението, което се придава на двата основни показателя на видовото разнообразие: видовото богатство и степента на изравненост на видовете.

- ✓ индекс на видово разнообразие (H') по Шанън-Уйвър (Shannon–Weaver 1963):

$$H' = \sum (n_i/N) \log_2(n_i/N), \text{ където:}$$

n_i - броят на екземплярите от всеки i-ти вид; N - броят на екземплярите от всички видове (обща численост).

- ✓ индекс на видово разнообразие (d) по Маргалеф (Margalef 1958):

$$d = (S - 1) / \ln N, \text{ където:}$$

S – общия брой видове; N – общия брой събрани индивиди.

- ✓ индекс за доминиране (**c**) по Симпсън (Simpson 1949):

$$c = \sum (n_i/N)^2, \text{ където:}$$

n_i - броят на екземплярите от всеки i -ти вид, N - броят на екземплярите от всички видове (обща численост).

- ✓ индекс за изравненост на съобществото (**e**) по Пиелу (Pielou 1966):

$$e = H / \log_2 S, \text{ където:}$$

H - индекс за индивидуално видово разнообразие; S - броят на видовете.

3.2.6.2. Статистически методи и анализи

Статистическите анализи са извършени с помощта на програмните продукти: PRIMER-E v.6 (Clarke & Gorley, 2006) и CANOCO 4.5 (ter Braak & Šmilauer 2002).

За графичното представяне на видовото сходството по планини и райони са използвани многовариантни статистически методи:

- ✓ клъстерен (класификационен) анализ по метода Bray-Curtis (complete linkage) (Bray & Curtis 1957);
- ✓ многомерен MDS (Multi Dimensional Scaling plot) анализ.

Многовариантни статистически анализи: Стандартизиран ординационен анализ на главните компоненти – Principal Component Analysis (PCA) (Ter Braak et al. 1995, McGarigal et al. 2000) е използван за обобщаване на основните тенденции на вариацията в измерените фактори на средата (надморската височина, температурата на водата, pH, електропроводимостта, разтвореният във водата кислород, кислородното насищане, WTD). Каноничен кореспондентен анализ (Canonical Correspondence Analysis-CCA) (ter Braak, 1986; ter Braak & Verdonschot, 1995) е използван за да се установи взаимната връзка между числеността на видовете амеби и факторите на средата

4. Резултати

4.1. Фаунистично богатство

В досегашните проучвания върху текамебната фауна на сфагновите мъхове от България са установени общо 155 вида черупчести амеби, отнасящи се към 43 рода, 20 семейства и 6 разряда. При нашите изследвания са установени 148 вида от 41 рода, принадлежащи към 17 семейства (Таблица 1). От тях два вида са нови за науката, 10 вида са нови за фауната на България, а 21 вида и 6 рода се съобщават за първи път за сфагнофилната текамебна фауна на страната. В резултат на това, общият брой на

черупчестите амеби, установени в сфагнови мъхове от България, е 176 вида, отнасящи се към 45 рода, 20 семейства, 6 разряда, 5 класа и 3 типа. Нашите изследвания показват, че сфагнофилната текамебна фауна на изследваните планини се характеризира с голямо таксономично разнообразие, което съставлява 84,1% от регистрираните за страната 176 вида сфагнофилни текамеби. За това свидетелстват и данни от други райони, където са регистрирани по-малко видове. В Полша броят на установените видове е 45 (варира между 11 и 43 за отделните проби, Mieczan 2009), в северозападна Русия - общо 61, включващи номинални видове, вариетети и форми (между 22 и 37, Mazei & Tsyganov 2007), в Канада – 35 (между 6-18, Warner 1987) и Китай – 51 (между 8 и 31; Li et al. 2015).

За отбелязване е, че 28 от съобщените при предишни изследвания видове не са регистрирани от нас. До голяма степен това може да се обясни с факта, че повечето от тези видове не са типични сфагнофилни обитатели, а са по-скоро сладководни (*Diffugia lobostoma*, *D. microclaviformis*, *D. pyriformis*, *Centropyxis gibba*, *C. hirsuta*, *Argynnia bipes*, *Paulinella chromatophora* и др.) или почвени (*Centropyxis minuta*, *Plagiopyxis glyphostoma*, *P. labiata*, *Corythion delamarei* и др.) видове, които случайно и в много редки случаи могат да попаднат в сфагновите мъхове.

Наблюдава се висока степен на сходство между отделните планини, като броят на видовете варира в тесни граници (между 110 и 116 вида). Разпределението им по планини е както следва: - Витоша (110 вида), Стара планина (110), Рила (114), Пирин (116) и Родопи (112). Повечето от регистрираните тестацеи са типични сфагнофилни представители, принадлежащи към родовете *Assulina*, *Cyphoderia*, *Gibbocarina*, *Hyalosphenia*, *Longinebela*, *Nebela*, *Playfairina*, *Quadrulella* и *Sphenoderia*. Голям процент от често срещаните видове са еврибионти, разпространени в разнообразни местообитания (*Argynnia dentistoma*, *Centropyxis aerophila*, *Centropyxis aculeata*, *Corythion dubium*, *Trachelocorythion pulchellum*, *Euglypha* spp. и *Trinema* spp). Сред привнесени в резултат на метеорологичните условия (вятър и/или проливни дъждове) са тестацеи, характерни за аерофилните мъхове (*Awerintzewia cyclostoma* и *Bullinularia indica*), както и различни сладководни (*Arcella* spp, *Diffugia* spp. и *Netzelia* spp.) и почвени (*Centropyxis* spp., *Plagiopyxis* spp. и *Phryganella* spp.) представители.

С най-голям брой видове са представени родовете *Diffugia* (24 вида; 16,2% от общия брой), *Centropyxis* (14; 9,5%), *Euglypha* (12; 8,2%), *Arcella* (10; 6,8%) и *Nebela* (7; 4,8%). Тези пет рода съставляват 45,5% от сфагнофилните черупчести амеби. От другите родове, 21 са представени с между 2 и 5 вида и само 15 с по един вид.

От семейства с най-голямо видово богатство се характеризират Diffugiidae (24 вида, 1 род), Hyalospheniidae (23, 8), Centropyxidae (14, 1), Euglyphidae (13, 2) и

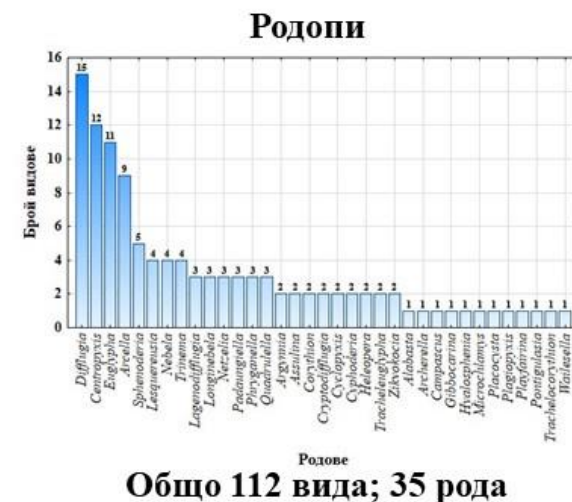
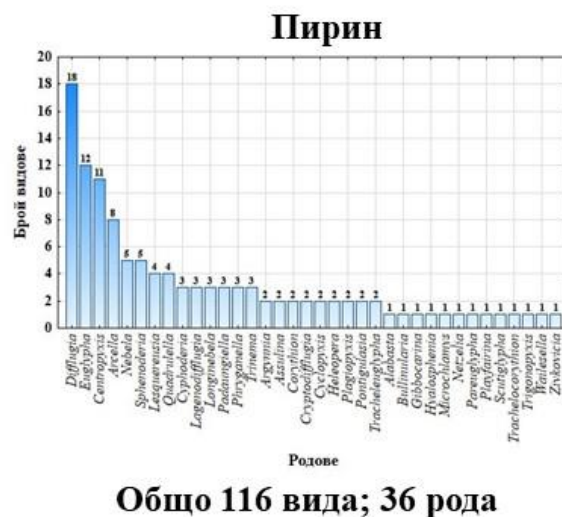
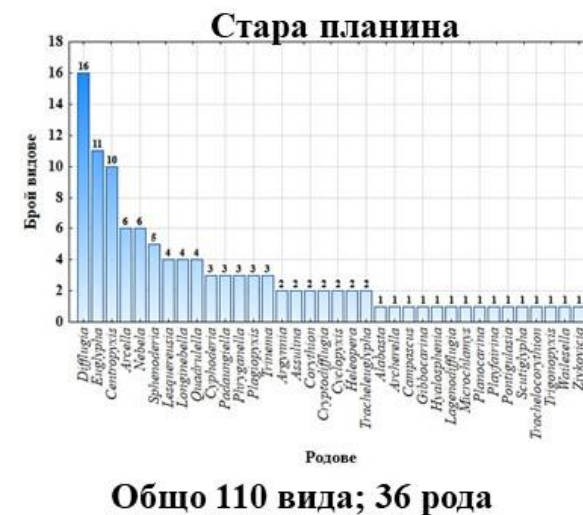
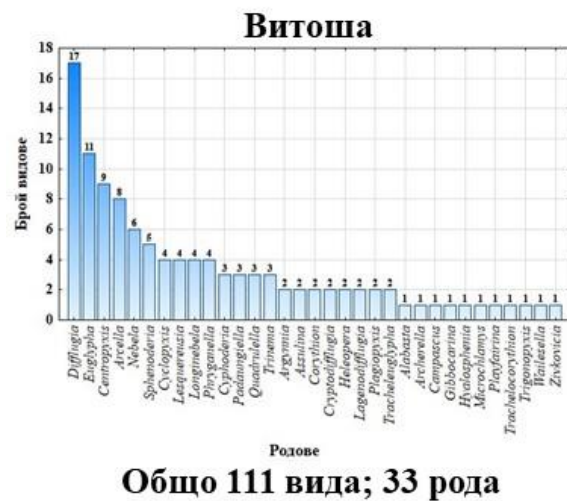
Arcellidae (10, 1), които заедно съставляват 57% от всички установени сфагнофилни текамеби. Осем семействата са представени само с един род (Arcellidae, Diffugiidae, Lesquereusiidae, Centropyxidae, Heleoperidae, Microchlamyidae, Phryganellidae и Amphitrematidae).

На по-високо таксономично ниво, най-многоброен е разред Arcellinida, който включва 109 вида от 27 рода и 10 семейства, следван от разред Euglyphida с 38 вида от 13 рода и 5 семейства и накрая разред Amphitremida с 1 вид от 1 род и 1 семейство.

4.1.1. Витоша

В изследваните 30 находища от 3 района на Витоша са установени общо 111 вида от 33 рода, принадлежащи към 17 семейства черупчести амеби. Най-голямо видово разнообразие е регистрирано в района на горната тераса на Платото (102 вида в 11 находища), следвано от Платото (93 вида в 11 находища) и местността Конярника (86 вида в 8 находища). Броят на установените видове в отделните находища варира в широки граници, като в района на горната тераса на Платото е между 55 и 76 вида (средно 64), в Платото – между 47 и 66 (средно 59) и в местността Конярника – между 46 и 67 (средно 59). С най-голям брой видове са представени родовете *Diffugia* (17 вида; 15.3 % от общия брой), *Euglypha* (11; 9.9%), *Centropyxis* (9; 8.1%), *Arcella* (8; 7.2%), *Nebela* (6; 5.4%) и *Sphenoderia* (5; 4.5%) (Фиг. 1).

Над половината (63) от установените 111 вида са широко разпространени, като са регистрирани в повече от 50% от изследваните находища и се явяват постоянни видове за сфагновите мъхове от Витоша. От тях 10 вида са с честота на срещане 100% и са установени във всичките 30 изследвани находища: *Argynnia dentistoma*, *Centropyxis aerophila*, *Corythion dubium*, *Longinebela penardiana*, *Nebela collaris*, *Quadrullella symmetrica*, *Sphenoderia fissirostris*, *Trachelocorythion pulchellum*, *Trinema enchelys* и *T lineare*. От останалите установени видове 15 са с честота на срещане между 25 и 50% и се явяват придружаващи, а 33 са с честота на срещане под 25% и се явяват случайни. За отбелязване е, че 14 от случайните видове са регистрирани само в 1 находище. Такива редки видове са: *Arcella gibbosa*, *A. hemisphaerica*, *Centropyxis elongata*, *Corythion constricta*, *Cyclipyxis arceloides*, *C. pirini*, *Diffugia difficilis*, *D. mica*, *D. petricola*, *Euglypha acanthophora*, *Nebela aliciae*, *N. rotunda*, *Phryganella nidulus* и *P. paradoxa*.



Фиг. 1. Хистограми, показващи видовото богатство на отделните родове черупчести амеби в сфагновите мъхове от изследваните планини.

Таблица 1. Видов състав, разпространение и срещаемост на черупчестите амеби в сфагновите мъхове от изследваните планини (* - нови видове за фауната на България; ** - нови видове за науката; маркирани със син цвят – нови родове за фауната на България).

Видове	Съкращения	Витоша	Стара планина	Рила	Пирин	Родопи	Срещаемост (%)
Alabasta <i>militaris</i>	<i>Alamil</i>	1	1	1	1	1	100
<i>Arcella</i> <i>arenaria</i>	<i>Arcare</i>	1	1	1	1	1	100
* <i>A. bathystoma</i>	<i>Arcbat</i>	0	0	1	1	1	60
<i>A. catinus</i>	<i>Arccat</i>	1	1	1	1	1	100
<i>A. dentate</i>	<i>Arcden</i>	0	0	0	1	0	20
<i>A. discoides</i>	<i>Arcdis</i>	1	1	1	1	1	100
<i>A. gibbosa</i>	<i>Arcgib</i>	1	0	0	0	1	40
<i>A. hemisphaerica</i>	<i>Archem</i>	1	1	1	1	1	100
<i>A. intermedia</i>	<i>Arcint</i>	1	1	1	1	1	100
<i>A. rotundata</i>	<i>Arcrot</i>	1	1	1	1	1	100
<i>A. vulgaris</i>	<i>Arcvul</i>	1	0	1	0	1	60
<i>Archerella</i> <i>flavum</i>	<i>Archfla</i>	1	1	1	0	1	80
<i>Argynnia</i> <i>dentistoma</i>	<i>Argden</i>	1	1	1	1	1	100
<i>A. vitraea</i>	<i>Argvit</i>	1	1	1	1	1	100
<i>Assulina</i> <i>muscorum</i>	<i>Assmus</i>	1	1	1	1	1	100
<i>A. seminulum</i>	<i>Asssem</i>	1	1	1	1	1	100
<i>Awerintzewia</i> <i>cyclostoma</i>	<i>Awecyc</i>	0	0	1	0	0	20
<i>Bullinularia</i> <i>indica</i>	<i>Bullind</i>	0	0	1	1	0	40
<i>Campascus</i> <i>minutus</i>	<i>Campmin</i>	1	1	1	0	0	60
<i>C. triqueter</i>	<i>Camptri</i>	0	0	1	0	1	40
<i>Cenropyxis</i> <i>aculeata</i>	<i>Cenacu</i>	1	1	1	1	1	100
<i>C. aerophila</i>	<i>Cenaero</i>	1	1	1	1	1	100
<i>C. casis</i>	<i>Cencas</i>	1	1	1	1	1	100
<i>C. constricta</i>	<i>Cencon</i>	1	1	1	1	1	100
<i>C. cryptostoma</i>	<i>Cencry</i>	0	0	1	0	0	20
<i>C. discoides</i>	<i>Cendis</i>	1	1	1	1	1	100
<i>C. ecornis</i>	<i>Ceneco</i>	1	1	1	1	1	100
<i>C. elongata</i>	<i>Cenelo</i>	1	1	1	1	1	100
<i>C. laevigata</i>	<i>Cenlae</i>	0	0	0	0	1	20
<i>C. orbicularis</i>	<i>Cenorb</i>	0	1	1	1	1	80
<i>C. plagiostoma</i>	<i>Cenplag</i>	0	0	0	0	1	20
<i>C. platystoma</i>	<i>Cenplat</i>	1	1	1	1	0	80
<i>C. spinosa</i>	<i>Censpi</i>	0	0	0	1	1	40
<i>C. sylvatica</i>	<i>Censyl</i>	1	1	1	1	1	100
* <i>Corythion</i> <i>constricta</i>	<i>Corcon</i>	1	1	0	1	1	80
<i>C. dubium</i>	<i>Cordub</i>	1	1	1	1	1	100
<i>Cryptodifflugia</i> <i>compressa</i>	<i>Crycom</i>	1	1	1	1	1	100
<i>C. oviformis</i>	<i>Cryovi</i>	1	1	1	1	1	100

<i>Cyclipyxis arceloides</i>	<i>Cycarc</i>	1	0	0	0	0	20
<i>C. eurystoma</i>	<i>Cyceury</i>	1	1	1	1	1	100
<i>C. kahli</i>	<i>Cyckah</i>	1	1	1	1	1	100
<i>C. pirini</i>	<i>Cycpir</i>	1	0	0	0	0	20
<i>C. puteus</i>	<i>Cycput</i>	0	0	1	0	0	20
<i>Cyphoderia amphoralis</i>	<i>Cyphamph</i>	1	1	1	1	1	100
<i>C. ampulla</i>	<i>Cyphamp</i>	1	1	1	1	1	100
<i>C. major</i>	<i>Cyphmaj</i>	1	1	1	1	0	80
<i>Difflugia acuminata</i>	<i>Diffacu</i>	1	0	1	1	1	80
<i>D. ampullula</i>	<i>Diffamp</i>	1	0	1	1	1	80
<i>D. angulostoma</i>	<i>Diffang</i>	0	1	0	0	0	20
<i>D. bacillarium</i>	<i>Diffbac</i>	0	1	0	0	0	20
<i>D. brevicola</i>	<i>Diffbre</i>	0	1	1	0	0	40
<i>D. bryophila</i>	<i>Diffbry</i>	1	1	1	1	1	100
<i>D. difficilis</i>	<i>Diffdif</i>	1	0	0	0	0	20
<i>D. distenda</i>	<i>Diffdis</i>	0	0	0	1	1	40
<i>D. elegans</i>	<i>Diffele</i>	1	1	1	1	1	100
<i>D. globulosa</i>	<i>Diffglo</i>	1	1	1	1	1	100
<i>D. hiraethogii</i>	<i>Diffhir</i>	1	1	1	1	1	100
<i>D. lanceolata</i>	<i>Difflan</i>	0	1	1	1	1	80
<i>D. lucida</i>	<i>Diffloc</i>	1	1	1	1	1	100
<i>D. mica</i>	<i>Diffmic</i>	1	0	0	0	0	20
<i>D. minuta</i>	<i>Diffmin</i>	1	0	0	1	0	40
<i>D. molesta</i>	<i>Diffmol</i>	1	1	1	0	0	60
<i>D. oblonga</i>	<i>Diffobl</i>	1	1	1	1	1	100
<i>D. penardi</i>	<i>Diffpen</i>	1	1	1	1	1	100
<i>D. petricola</i>	<i>Diffpet</i>	1	1	0	1	0	60
<i>D. pristis</i>	<i>Diffpri</i>	1	1	1	1	1	100
<i>D. pulex</i>	<i>Diffpul</i>	1	1	1	1	1	100
<i>D. rubescens</i>	<i>Diffrub</i>	1	1	1	1	1	100
<i>D. urceolata</i>	<i>Diffurc</i>	0	0	0	1	0	20
<i>D. viscidula</i>	<i>Diffvis</i>	0	0	1	1	1	60
<i>Euglypha acanthophora</i>	<i>Euglaca</i>	1	1	1	1	1	100
<i>E. aspera</i>	<i>Euglasp</i>	0	0	1	1	0	40
<i>E. bryophila</i>	<i>Euglbry</i>	1	1	1	1	1	100
<i>E. ciliata</i>	<i>Eugcil</i>	1	1	1	1	1	100
<i>E. compressa</i>	<i>Euglcom</i>	1	1	1	1	1	100
<i>E. cristata</i>	<i>Euglcric</i>	1	1	1	1	1	100
<i>E. denticulata</i>	<i>Euglden</i>	1	1	1	1	1	100
<i>E. filifera</i>	<i>Euglfil</i>	1	1	1	1	1	100
<i>E. laevis</i>	<i>Eugllae</i>	1	1	1	1	1	100
<i>E. rotunda</i>	<i>Euglrot</i>	1	1	1	1	1	100
<i>E. strigosa</i>	<i>Euglstr</i>	1	1	1	1	1	100
<i>E. tuberculata</i>	<i>Eugltub</i>	1	1	1	1	1	100
<i>Gibbocarina galeata</i>	<i>Gibbgal</i>	1	1	1	1	1	100

<i>Heleopera</i> petricola	<i>Helpet</i>	1	1	1	1	1	100
<i>H. rosea</i>	<i>Helros</i>	1	1	1	1	1	100
<i>H. sylvatica</i>	<i>Helsyl</i>	0	0	1	0	0	20
<i>Hyalosphenia</i> papilio	<i>Hyalpap</i>	1	1	1	1	1	100
<i>Lagenodiffugia</i> bryophila	<i>Lagbry</i>	1	1	1	1	1	100
* <i>L. montana</i>	<i>Lagmon</i>	0	0	1	1	1	60
<i>L. vas</i>	<i>Lagvas</i>	1	0	1	1	1	80
<i>Lesquereusia</i> epistomium	<i>Lesqepi</i>	1	1	1	1	1	100
<i>L. gibbosa</i>	<i>Lesqgib</i>	1	1	1	1	1	100
<i>L. modesta</i>	<i>Lesqmod</i>	1	1	1	1	1	100
<i>L. spiralis</i>	<i>Lesqspi</i>	1	1	1	1	1	100
**<i>Longinebela</i> ampulla	<i>Longamp</i>	0	1	0	0	0	20
<i>L. golemanskyi</i>	<i>Longgol</i>	1	0	0	0	0	20
<i>L. penardiana</i>	<i>Longpen</i>	1	1	1	1	1	100
<i>L. speciosa</i>	<i>Longspe</i>	1	1	1	1	1	100
<i>L. tubulosa</i>	<i>Longtub</i>	1	1	1	1	1	100
<i>Microchlamys</i> patella	<i>Micpat</i>	1	1	1	1	1	100
* <i>Nebela</i> aliciae	<i>Nebali</i>	1	1	0	1	0	60
<i>N. collaris</i>	<i>Nebcol</i>	1	1	1	1	1	100
<i>N. flabelullum</i>	<i>Nebfla</i>	0	1	0	0	0	20
* <i>N. guttata</i>	<i>Nebgut</i>	1	1	1	1	1	100
* <i>N. pechorensis</i>	<i>Nebpech</i>	1	1	1	1	1	100
* <i>N. rotunda</i>	<i>Nebrot</i>	1	0	0	0	0	20
<i>N. tincta</i>	<i>Nebtin</i>	1	1	1	1	1	100
<i>Netzelia</i> gramen	<i>Netzgra</i>	0	0	0	0	1	20
<i>N. oviformis</i>	<i>Netzovi</i>	0	0	0	0	1	20
<i>N. tuberculata</i>	<i>Netztub</i>	0	0	0	1	1	40
<i>Padaungiella</i> lageniformis	<i>Padlag</i>	1	1	1	1	1	100
<i>P. nebeloides</i>	<i>Padneb</i>	1	1	1	1	1	100
<i>P. tubulata</i>	<i>Padtub</i>	1	1	1	1	1	100
<i>Pareuglypha</i> reticulata	<i>Parret</i>	0	0	0	1	0	20
<i>Phryganella</i> acropodia	<i>Phracr</i>	1	1	1	1	1	100
<i>P. hemisphaerica</i>	<i>Phrhem</i>	1	1	1	1	1	100
<i>P. nidulus</i>	<i>Phrnid</i>	1	0	1	1	1	80
<i>P. paradoxa</i>	<i>Phrpar</i>	1	1	0	0	0	40
<i>Placocista</i> spinosa	<i>Placspi</i>	0	0	0	0	1	20
<i>Plagiopyxis</i> callida	<i>Plagcal</i>	1	1	1	1	0	80
<i>P. declivis</i>	<i>Plagdec</i>	1	1	1	1	1	100
<i>P. oblonga</i>	<i>Plagobl</i>	0	1	0	0	0	20
<i>Planocarina</i> carinata	<i>Plancar</i>	0	1	1	0	0	40
<i>Playfairina</i> valkanovi	<i>Playval</i>	1	1	1	1	1	100
<i>Pontigulasia</i> elisa	<i>Ponteli</i>	0	0	0	1	0	20
<i>P. rhumbleri</i>	<i>Pontrhu</i>	0	1	0	1	1	60
**<i>Quadrullella</i> deflandrei	<i>Quadef</i>	0	1	0	1	0	40
<i>Q. longicollis</i>	<i>Qualon</i>	1	1	1	1	1	100

<i>Q. symmetrica</i>	<i>Quasym</i>	1	1	1	1	1	100
* <i>Q. variabilis</i>	<i>Quavar</i>	1	1	1	1	1	100
Scutiglypha <i>crenulata</i>	<i>Scucre</i>	0	1	0	1	0	40
Sphenoderia <i>fissirostris</i>	<i>Sphfis</i>	1	1	1	1	1	100
* <i>S. labiata</i>	<i>Sphlsb</i>	1	1	1	1	1	100
<i>S. lenta</i>	<i>Sphlen</i>	1	1	1	1	1	100
<i>S. minuta</i>	<i>Sphmin</i>	1	1	1	1	1	100
* <i>S. ovoidea</i>	<i>Sphovo</i>	1	1	1	1	1	100
Tracheleuglypha <i>acolla</i>	<i>Traaco</i>	1	1	1	1	1	100
<i>T. dentata</i>	<i>Traden</i>	1	1	1	1	1	100
Trachelocorythion <i>pulchellum</i>	<i>Trachpul</i>	1	1	1	1	1	100
Trigonopyxis <i>arculla</i>	<i>Trigarc</i>	1	1	1	1	0	80
Trinema <i>complanatum</i>	<i>Tricom</i>	1	1	1	1	1	100
<i>T. enchelys</i>	<i>Triench</i>	1	1	1	1	1	100
<i>T. galeata</i>	<i>Trigal</i>	0	0	0	0	1	20
<i>T. grandis</i>	<i>Trigra</i>	0	0	1	0	0	20
<i>T. lineare</i>	<i>Trilin</i>	1	1	1	1	1	100
Wailesella <i>eboracensis</i>	<i>Wailebo</i>	1	1	1	1	1	100
Zivkovicia <i>compressa</i>	<i>Zivcom</i>	1	1	1	1	1	100
<i>Z. spectabilis</i>	<i>Zivspe</i>	0	0	0	0	1	20
Общ брой видове: 148		111	110	114	116	112	

4.1.2. Стара планина

В изследваните 22 находища от 3 района на Стара планина са установени общо 110 вида от 36 рода, принадлежащи към 17 семейства черупчести амеби. Най-голямо видово разнообразие е регистрирано в района на х. Планински извори (97 вида в 7 находища), следвано от района на х. Копрен (87 вида в 5 находища) и района на Петрохан (80 вида в 10 находища). Броят на установените видове в отделните находища варира в широки граници, като в района на х. Планински извори е между 36 и 76 вида (средно 64), в района на х. Копрен – между 53 и 73 (средно 60) и в района на Петрохан между 37 и 59 (средно 48). С най-голям брой видове са представени родовете *Diffugia* (16 вида; 14.5 % от общия брой), *Euglypha* (11; 10.0%), *Centropyxis* (10; 9.1%), *Arcella* (6; 5.4%), *Nebela* (6; 5.4%) и *Sphenoderia* (5; 4.5%) (Фиг. 1).

Близо половината (54) от установените 110 вида са широко разпространени, като са регистрирани в повече от 50% от изследваните находища и се явяват постоянни видове за сфагновите мъхове от Стара планина. От тях 10 вида са с честота на срещане 100% и са установени във всичките 22 изследвани находища: *Argyinnia dentistoma*, *Assulina muscorum*, *Centropyxis aerophila*, *Corythion dubium*, *Euglypha ciliata*, *E. rotunda*,

Heleopera rosea, *Nebela collaris*, *Sphenoderia fissirostris* и *Trinema lineare*. От останалите установени видове 22 са с честота на срещане между 25 и 50% и се явяват придружаващи, а 34 са с честота на срещане под 25% и се явяват случайни. За отбелязване е, че 14 от случайните видове са регистрирани само в 1 находище. Такива редки видове са: *Arcella intermedia*, *Campascus minutus*, *Corythion constricta*, *Diffugia brevicola*, *D. elegans*, *D. lanceolata*, *D. molesta*, *D. petricola*, *Lesquereusia modesta*, *Longinebela ampulla*, *Nebela flabelulum*, *Phryganella paradoxa*, *Plagiopyxis oblonga* и *Pontigulasia rhumbleri*.

4.1.3. Рила

В изследваните 31 находища от 5 района на Рила са установени общо 114 вида от 36 рода, принадлежащи към 17 семейства черупчести амеби. Най-голямо видово разнообразие е регистрирано в района на Белмекен (100 вида в 9 находища), следвано от Рибните езера – Смардливо езеро – местност Тиха Рила (95 вида в 10 находища), Седемте Рилски езера (87 вида в 5 находища), местността Брежански ливади (80 вида в 6 находища) и село Говедарци (59 вида в 1 находище). Броят на установените видове в отделните находища варира в широки граници, като в района на Белмекен е между 48 и 70 вида (средно 57), в района на Рибните езера – Смардливо езеро – местност Тиха Рила – между 40 и 67 (средно 54), в Седемте Рилски езера – между 52 и 68 (средно 58), и в местността Брежански ливади – между 40 и 55 (средно 50). С най-голям брой видове са представени родовете *Diffugia* (16 вида; 14 % от общия брой), *Euglypha* (12; 10.6%), *Centropyxis* (11; 9.7%), *Arcella* (8. 7%) и *Sphenoderia* (5; 4.4%) (Фиг. 1).

Близко половината (56) от установените 114 вида са широко разпространени, като са регистрирани в повече от 50% от изследваните находища и се явяват постоянни видове за сфагновите мъхове от Рила. От тях 4 вида са с честота на срещане 100% и са установени във всичките 31 изследвани находища: *Argygnia dentistoma*, *Quadrullella symmetrica*, *Trinema enchelys* и *T. lineare*. От останалите установени видове 21 са с честота на срещане между 25 и 50% и се явяват придружаващи, а 37 са с честота на срещане под 25% и се явяват случайни. За отбелязване е, че 16 от случайните видове са регистрирани само в 1 находище. Такива редки видове са: *Arcella hemisphaerica*, *A. vulgaris*, *Awerintzewia cyclostoma*, *Bullinularia indica*, *Campascus triqueter*, *Centropyxis cryptostoma*, *Cyclopyxis puteus*, *Diffugia acuminata*, *D. ampullula*, *D. brevicola*, *D. lanceolata*, *D. molesta*, *Euglypha aspera*, *Heleopera sylvatica*, *Planocarina carinata* и *Trinema grandis*.

4.1.4. Пирин

В изследваните 25 находища от 5 района на Пирин са установени общо 116 вида от 36 рода, принадлежащи към 17 семейства черупчести амеби. Най-голямо видово разнообразие е регистрирано в района на Попово езеро (95 вида в 7 находища), следвано Северен Пирин (91 вида в 8 находища), Тевно езеро (87 вида в 2 находища), долината на р. Беговица (83 вида в 6 находища) и местността Попови ливади (79 вида в 2 находища). Броят на установените видове в отделните находища варира в широки граници, като в района на Попово езеро е между 41 и 69 вида (средно 56), в Северен Пирин – между 48 и 72 (средно 58), в Тевно езеро – между 68 и 75 (средно 72), в долината на р. Беговица – между 38 и 57 (средно 48) и в местността Попови ливади – между 47 и 76 (средно 62). С най-голям брой видове са представени родовете *Diffugia* (18 вида; 15.5 % от общия брой), *Euglypha* (12; 10.3%), *Centropyxis* (11; 9.5%), *Arcella* (8; 6.9%), *Nebela* (5; 4.3%) и *Sphenoderia* (5; 4.3%) (Фиг. 1).

Близо половината (54) от установените 116 вида са широко разпространени, като са регистрирани в повече от 50% от изследваните находища и се явяват постоянни видове за сфагновите мъхове от Пирин. От тях 7 вида са с честота на срещане 100% и са установени във всичките 25 изследвани находища: *Centropyxis aerophila*, *Gibbocarina galeata*, *Nebela pechorensis*, *Quadrullella symmetrica*, *Sphenoderia fissirostris*, *Trinema enchelys* и *T. lineare*. От останалите установени видове 20 са с честота на срещане между 25 и 50% и се явяват придружаващи, а 42 са с честота на срещане под 25% и се явяват случайни. За отбелязване е, че 17 от случайните видове са регистрирани само в 1 находище. Такива редки видове са *Alabasta militaris*, *Arcella dentata*, *A. hemisphaerica*, *Assulina seminulum*, *Centropyxis spinosa*, *Corythion constricta*, *Cyphoderia major*, *Diffugia distenda*, *D. minuta*, *D. urceolata*, *Nebela aliciae*, *Pareuglypha reticulata*, *Phryganella nidulus*, *Ponticulasia elisa*, *Quadrullella deflandrei*, *Scutiglypha crenulata* и *Trigonopyxis arculla*.

4.1.5. Родопи

В изследваните 25 находища от 3 района на Родопите са установени общо 112 вида от 35 рода, принадлежащи към 17 семейства черупчести амеби. Най-голямо видово разнообразие е регистрирано в района на яз. Широка поляна – яз. Голям Беглик (102 вида в 10 находища), следвано от района на Смолянските езера (88 вида в 10 находища) и района на Чаирските езера (86 вида в 5 находища). Броят на установените

видове в отделните находища варира в широки граници, като в района на яз. Широка поляна – яз. Голям Беглик варира между 42 и 68 вида (средно 55), в района на х. района на Смолянските езера – между 26 и 49 (средно 42) и в района на Чаирските езера между 37 и 66 (средно 54). С най-голям брой видове са представени родовете *Diffugia* (15 вида; 13.4 % от общия брой), *Centropyxis* (12; 10.7%), *Euglypha* (11; 9.8%), *Arcella* (9; 8%) и *Sphenoderia* (5; 4.5%) (Фиг. 1).

Над 1/3 (43) от установените 112 вида са широко разпространени, като са регистрирани в повече от 50% от изследваните находища и се явяват постоянни видове за сфагновите мъхове от Родопи. От тях 4 вида са с честота на срещане 100% и са установени във всичките 25 изследвани находища: *Argynnia dentistoma*, *Assulina muscorum*, *Trinema enchelys* и *T. lineare*. От останалите установени видове 24 са с честота на срещане между 25 и 50% и се явяват придружаващи, а 45 са с честота на срещане под 25% и се явяват случайни. За отбелязване е, че 7 от случайните видове са регистрирани само в 1 находище. Такива редки видове са: *Arcella vulgaris*, *Campascus triqueter*, *Centropyxis laevigata*, *C. plagiostoma*, *Diffugia distenda*, *D. viscidula* и *Sphenoderia labiata*.

4.2. Фаунистично сходство

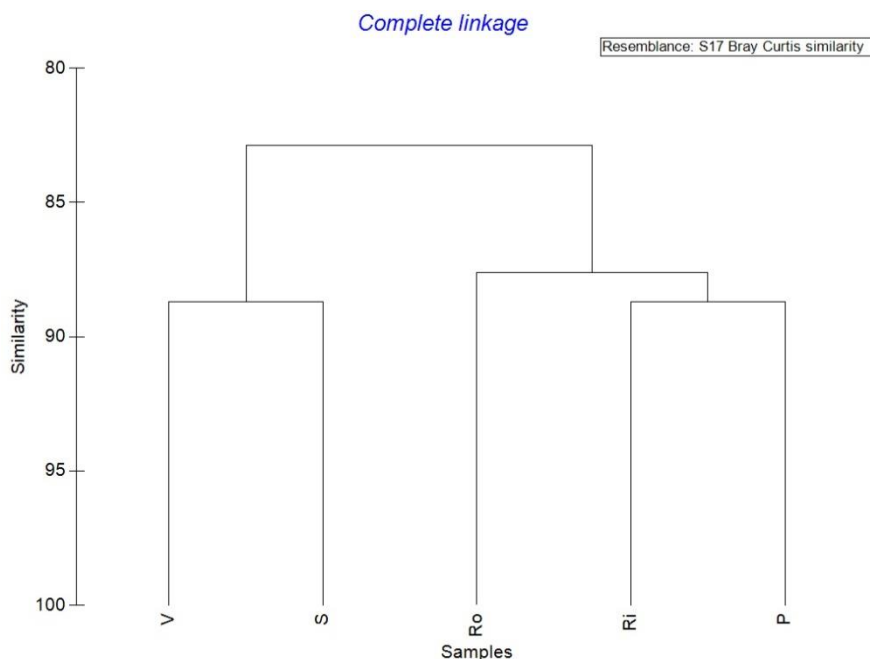
4.2.1. Фаунистично сходство на изследваните планини

Фаунистичното сходство между текамебните съобщества на изследваните планини е представено под формата на дендрограма от клъстерен анализ на Фиг. 2.

Анализът на данните показва, че като цяло текамебната фауна на изследваните планини се характеризира с изключително голямо сходство (82,88% - 88,70%). Това от своя страна е доказателство, че повечето от установените при нашите изследвания видове имат широко разпространение в сфагновите местообитания и се срещат във всички изследвани планини (общо 87 вида, 58,8% от всички установени). Малките различия във фауните на тези планини могат да се обяснят най-вече с присъствието на сравнително голям брой редки видове, установени само в една от планините (общо 27 вида, 18,2% от всички установени). Такива редки видове са *Cyclopyxis arceloides*, *C. pirini*, *Diffugia difficilis*, *D. mica*, *Longinebela golemanskyi* и *Nebela rotunda* (установени само на Витоша), *Diffugia angulostoma*, *D. bacillarium*, *Longinebela ampulla*, *Nebela flabellulum* и *Plagiopyxis oblonga* (само в Стара планина), *Awerintzewia cyclostoma*, *Centropyxis cryptostoma*, *Cyclopyxis puteus*, *Heleopera sylvatica*

и *Trinema grandis* (само в Рила), *Arcella dentata*, *Diffugia urceolata*, *Pareuglypha reticulata* и *Pontigulasia elisa* (само в Пирин) и *Centropyxis laevigata*, *C. plagiostoma*, *Netzelia gramen*, *N. oviformis*, *Placocista spinosa*, *Trinema galeata* и *Zivcovicia spectabilis* (само в Родопите).

Макар и с неголеми различия се оформят две двойки планини, които показват по-голямо сходство помежду си, отколкото с останалите планини. Тези двойки са от една страна Рила и Пирин, със сходство във фауните от 88,70%, и от друга страна Витоша и Стара планина със сходство от 88,69%. Родопите заемат междинно положение между тези две двойки, но показват по-голямо фаунистично сходство с Рила и Пирин (съответно 87,61% и 88,60%), отколкото със Стара планина и Витоша (съответно 82,88% и 85,20%). По-изолираното положение на Родопите може да се обясни с факта, че в тази планина са установени най-голям брой редки видове, които не се срещат в другите изследвани планини. Възможно е също така, за това да допринесе и по-специфичния характер на сфагновите съобщества в Родопите, които в някои случаи (Чаирски и Смолянски езера) са обособени като плаващи торфени острови в самите езера. Това е причина в текамебните съобщества от тези местообитания, наред със сфагнофилните видове да се появяват и типични водни обитатели, които по принцип отсъстват от сфагнофилната текамебна фауна (т.н. *Diffugia lanceolata*, *Netzelia gramen*, *N. oviformis*, *N. tuberculata*).

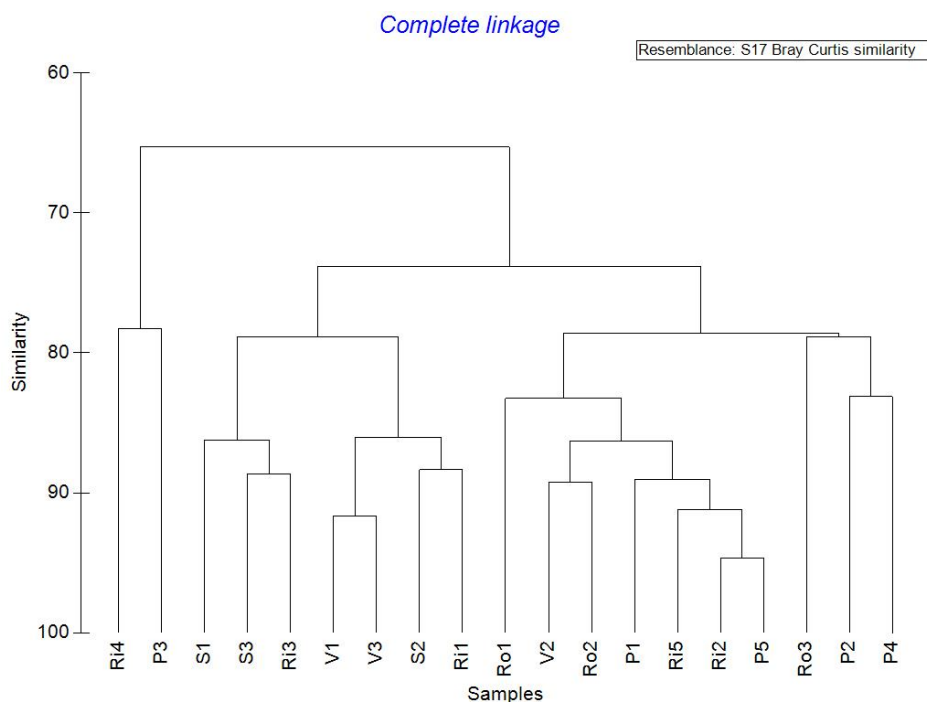


Фиг. 2. Клъстерен анализ на фаунистичното сходство (Bray Curtis similarity) на изследваните планини: Витоша (V), Стара планина (S), Рила (Ri), Пирин (P), Родопи (Ro).

4.2.2. Фаунистично сходство на отделните райони в изследваните планини

Фаунистичното сходство между текамебните съобщества на отделните райони в изследваните планини е представено под формата на дендрограма от клъстерен анализ (Фиг. 3)

Резултатите от клъстерния анализ съвсем ясно показват, че изследваните райони не са строго групирани по планини, а са разбъркани, като сравнително отдалечени един от друг райони от различни планини образуват добре обособени клъстери (P5+Ri2+Ri5+P1+V2+Ro2; V1+V3+S2+Ri1; S1+S3+Ri3). Фаунистичното сходство на текамебните съобщества в тези клъстери е над 85%, което показва, че районите от всеки клъстер предлагат много сходни условия за развитието на черупчестите амеби и поради това те имат почти идентични фауни. Този факт от своя страна показва, че определяща роля за развитието на сходни фауни в дадени географски райони е не толкова пространствената близост на тези райони, колкото наличието на сходни екологични условия в тях.



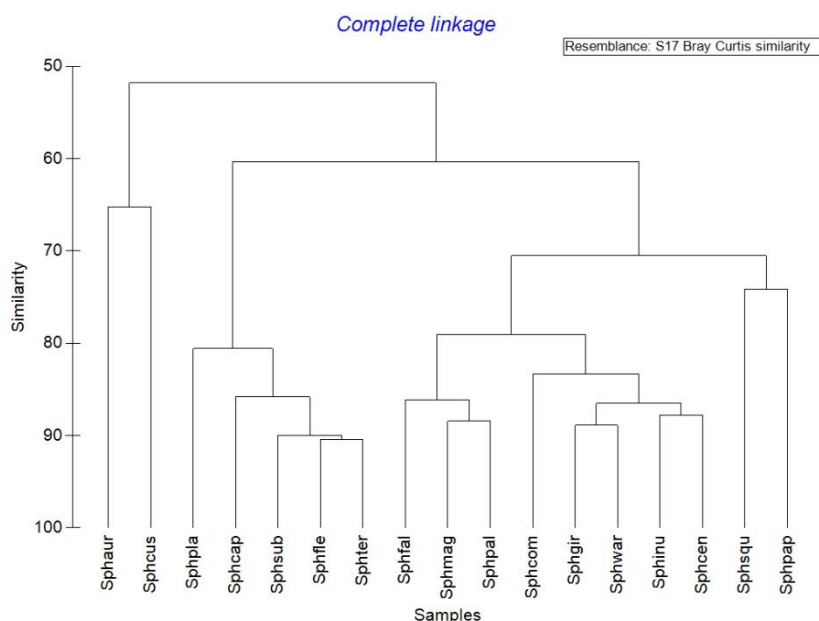
Фиг. 3. Клъстерен анализ на фаунистичното сходство (Bray Curtis similarity) между отделните райони на изследваните планини: **V1** – Платото, **V2** – Горна тераса, **V3** – Конярника, **S1** – Петрохан, **S2** – х. Планински извори, **S3** – х. Копрен, **Ri1** – Белмекен, **Ri2** – Рибните езера - Смрадливо езеро - местност Тиха Рила, **Ri3** – Брежански ливади, **Ri4** – с. Говедарци, **Ri5** – Седемте рилски езера, **P1** – Попово езеро, **P2** – долината на р. Беговица, **P3** – Попови ливади, **P4** – Тевно езеро, **P5** – Северен Пирин, **Ro1** – Чаирски езера, **Ro2** – яз. Широка поляна - яз. Голям Беглик, **Ro3** – Смолянски езера.

Два от изследваните райони – Говедарци в Рила и Попови ливади в Пирин (Ri4+P3) оформят самостоятелен клъстер и имат най-малко сходство с останалите изследвани райони. Сходството във фауните, от една страна и различието им от фауните на другите райони, най-вероятно се дължи на обстоятелството, че в тях няма типични сфагнови торфища, а сфагновите мъхове се развиват на сравнително малки по площ участъци в средната зона на гората (1300-1400 м), разположени на наклонени терени през които преминава постоянно стичаща се вода. Тези райони се характеризират със сравнително малко разнообразие на сфагнови мъхове и с това, че в тях няма натрупване на големи количества торф.

4.2.3. Фаунистично сходство между текамебните съобщества в различните видове сфагнови мъхове

Фаунистичното сходство между текамебните съобщества в различните видове сфагнови мъхове от изследваните планини е представено под формата на дендрограма от клъстерен анализ (Фиг. 4)

Анализът на фаунистичното сходство между текамебните съобщества в различните видове сфагнови мъхове показва, че се оформят 5 малки клъстера с висока степен на фаунистично сходство, групирани в два по-големи клъстера, които имат степен на сходство помежду си малко над 50%. Единият клъстер обединява фауните на мъховете *Sphagnum auricularum* (Sphaur) и *S. cuspidatum* (Sphcus) със степен на сходство 65,22%, а вторият – фауните на всички останали мъхове, със степен на сходство 60,53%.



Фиг. 4. Клъстерен анализ на фаунистичното сходство (Bray Curtis similarity) между текамебните съобщества в различните видове сфагнови мъхове

Най-голямо фаунистично сходство (86.12%) има клъстерът, който обединява сфагновите мъхове *S. fallax* (*Sphfal*), *S. magelanicum* (*Sphmag*) и *S. palustre* (*Sphpal*), разположени на умерена надморска височина (средно 1583 м). Видовото разнообразие на текамебните съобщества в тези мъхове не е особено голямо (86 вида), като 62 от всички установени при настоящите изследвания черупчести амеби не са регистрирани в тях.

Много голямо фаунистично сходство (83.8%) има и клъстерът, който обединява сфагновите мъхове *S. compactum* (*Sphcom*), *S. girgensohnii* (*Sphgir*), *S. warnstorffii* (*Sphwar*), *S. inundatum* (*Sphinu*) и *S. centrale* (*Sphcen*), разположени на по-голяма надморска височина – на нивото на или над горната граница на гората (средно 1847 м). Видовото разнообразие на текамебните съобщества в тези мъхове е сравнително голямо (113 вида), като 35 от всички установени при настоящите изследвания черупчести амеби не са регистрирани в тях.

С голямо фаунистично сходство (80.6%) се отличава и клъстерът, който обединява сфагновите мъхове *S. platyphyllum* (*Sphpla*), *S. capillifolium* (*Sphcap*), *S. subsecundum* (*Sphsub*), *S. flexuosum* (*Sphfle*) и *S. teres* (*Sphter*). Повечето от тях са едни от най-разпространените сфагнови мъхове (установени са в 92 от общо 133 проби) и характеристиките на техните местообитания се отличават с много голяма вариабилност: (надморска височина 878-2462 м). Тези сфагнови мъхове се отличават с най-голямо видово разнообразие на текамебните съобщества (141 вида), като само 7 от установените при настоящите изследвания 148 вида черупчести амеби не са регистрирани в тях.

Сравнително по-малко фаунистично сходство (73.26%) показва клъстерът, обединяващ сфагновите мъхове *S. squarrosus* (*Sphsqu*) и *S. papillosum* (*Sphpap*), разположени на умерена надморска височина (средно 1579 м). Видовото разнообразие на текамебните съобщества в тези мъхове е сравнително малко (69 вида), като 79 от всички установени при настоящите изследвания черупчести амеби не са регистрирани в тях.

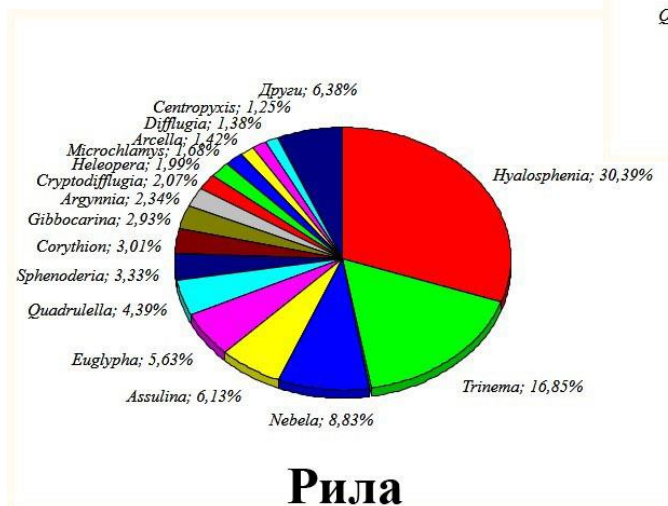
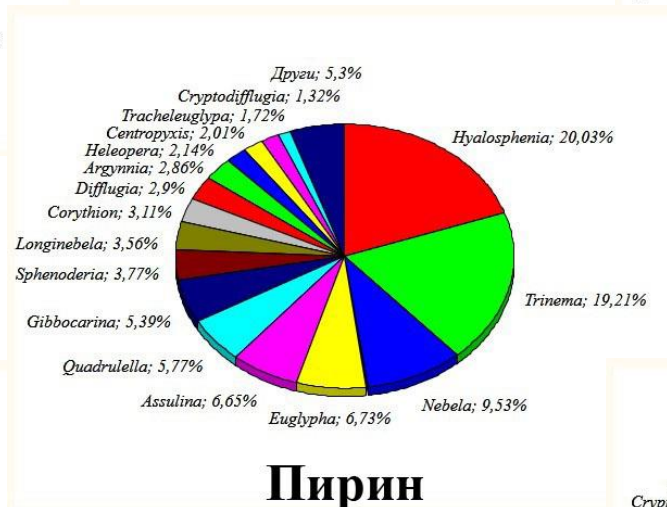
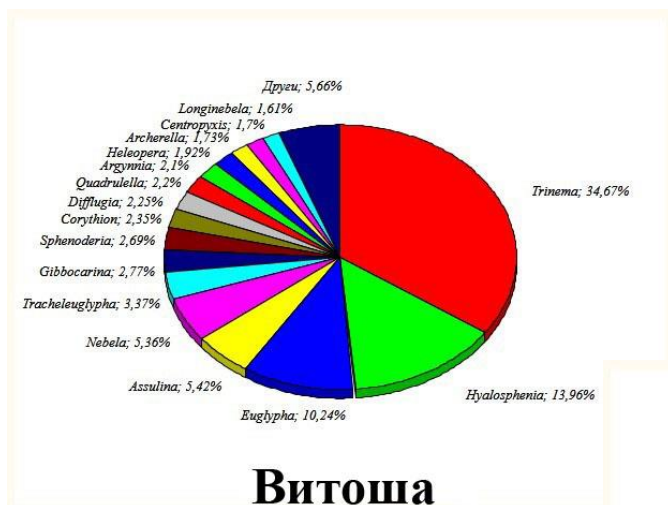
Най-малко фаунистично сходство (65.22%) показва клъстерът, обединяващ сфагновите мъхове *S. auriculatum* (*Sphaur*) и *S. cuspidatum* (*Sphcus*), разположени на умерена надморска височина (средно 1426 м). Видовото разнообразие на текамебните съобщества в тези мъхове е много малко (58 вида), като 90 от всички установени при настоящите изследвания черупчести амеби не са регистрирани в тях.

4.3. Численост и доминантна структура

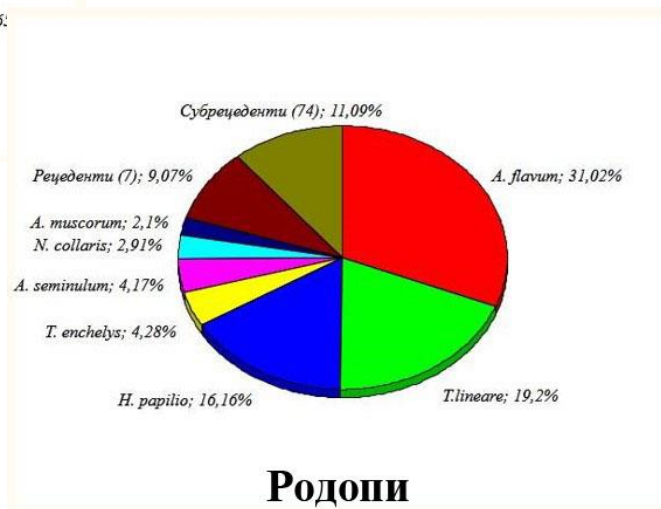
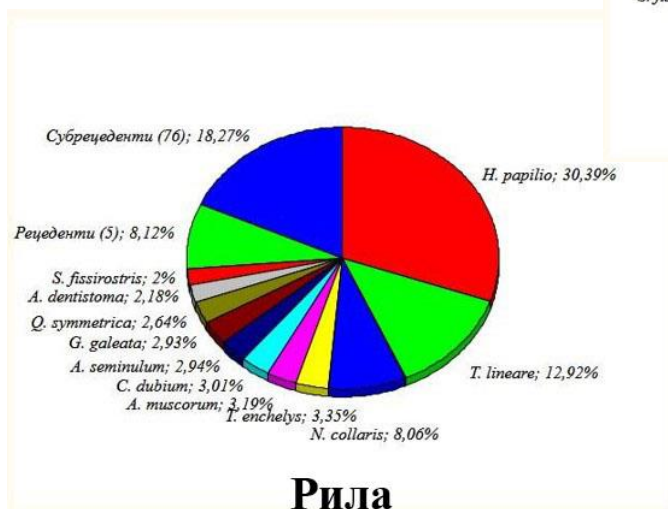
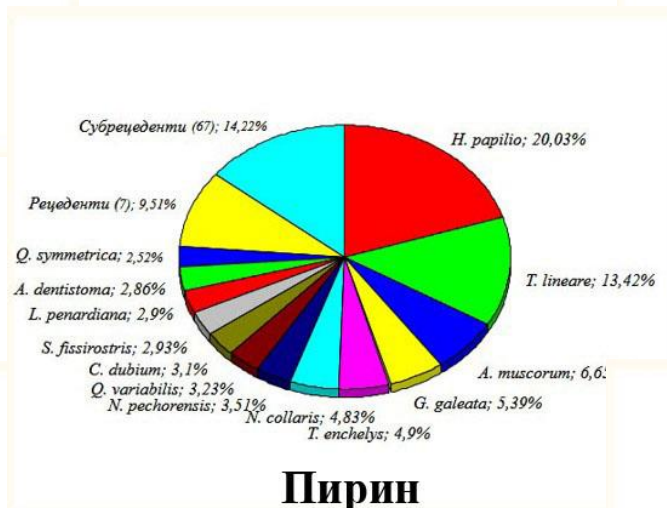
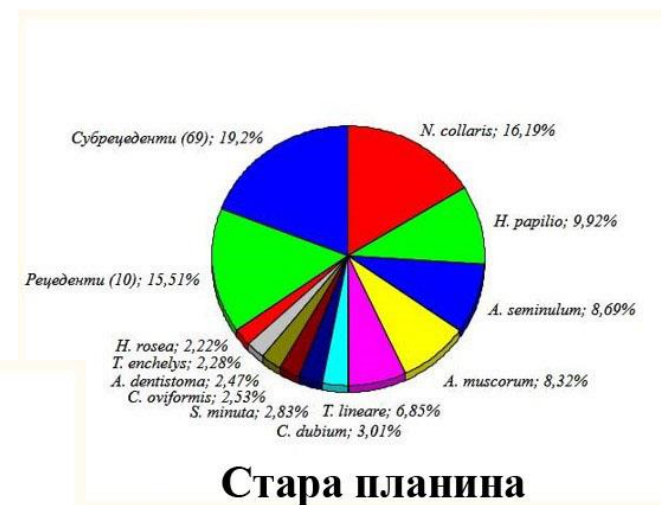
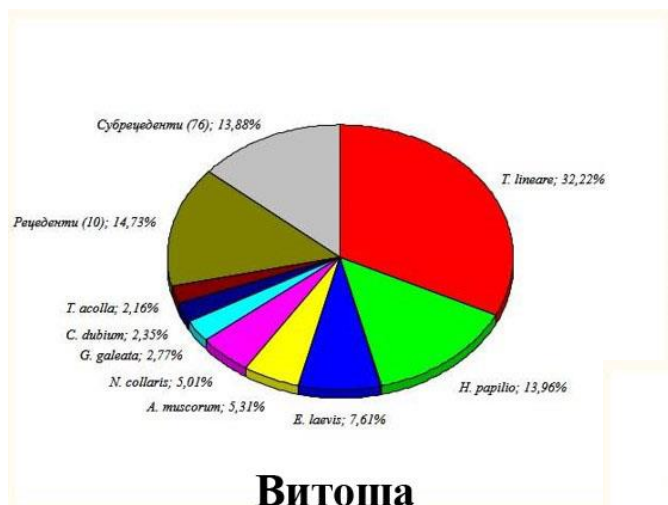
4.3.1. Витоша

При количествените изследвания на текамебните съобщества от сфагновите мъхове на Витоша са установени общо 1 484 599 индивида от 94 вида и 32 рода черупчести амеби. С най-голямо обилие са представени родовете *Trinema* (34.67% от всички установени индивиди), *Hyalosphenia* (13.96%), *Euglypha* (10.24%), *Assulina* (5.42%) и *Nebela* (5.36%). Общата численост на тези 5 рода е 69.65%, т.е. приблизително 2/3 от общия брой на всички установени индивиди. Със сравнително висок процент (2-5%) са регистрирани родовете *Tracheleuglypha* (3.37%), *Gibbocarina* (2.77%), *Sphenoderia* (2.69%), *Corythion* (2.35%), *Diffugia* (2.25%), *Quadrullella* (2.20%) и *Argyinnia* (2.10%), които общо съставляват 17.73% от общия брой на установените индивиди. От останалите родове 4 са с относително обилие между 1 и 2%, а 16 рода са установени с много малка численост и всеки от тях е под 1% (Фиг. 5).

Пет от установените видове са с относително обилие по-голямо от 5% и се явяват доминанти: *Trinema lineare* (32.22%), *Hyalosphenia papilio* (13.96%), *Euglypha laevis* (7.61%), *Assulina muscorum* (5.31%) *Nebela collaris* (5.01%). Общата численост на тези 5 вида е 64.11%, т.е. почти 2/3 от всички установени индивиди се отнасят към тях (Фиг. 6). Субдоминантните видове (между 2 и 5%) са три, а тяхното общо обилие е 7.28%: *Gibbocarina galeata* (2.77%), *Corythion dubium* (2.35%) и *Tracheleuglypha acolla* (2.16%). Рецедентните видове (между 1 и 2%) са 10, а субрецедентните видове с относително обилие под 1% са 76. За отбелязване е, че рецедентните и субрецедентните видове са общо 86 (91.5% от всички установени видове), а тяхното общо обилие е 28.61%, или едва около 1/4 от всички установени индивиди.



Фиг. 5. Относителната значимост (%) на установените родове черупчести амеби в сфагнови мъхове от изследваните планини.



Фиг. 6. Относителната значимост (%) на установените видове черупчести амели в сфагнови мъхове от изследваните планини

4.3.2. Стара планина

При количествените изследвания на текамебните съобщества от сфагновите мъхове на Стара планина са установени общо 685 031 индивида от 90 вида и 33 рода черупчести амеби. С най-голямо обилие са представени родовете *Nebela* (17.94% от всички установени индивиди), *Assulina* (17.01%), *Euglypha* (10.08%), *Hyalosphenia* (9.92%) и *Trinema* (9.70%). Общата численост на тези 5 рода е 64.65%, т.е. приблизително 2/3 от общия брой на всички установени индивиди се отнасят към тях. Със сравнително висок процент (2-5%) са регистрирани родовете *Cryptodiffugia* (4.22%), *Sphenoderia* (3.77%), *Diffugia* (3.21%), *Corythion* (3.01%), *Heleopera* (2.82%), *Argygnia* (2.57%) и *Longinebela* (2.13%), които общо съставляват 21.73% от общия брой на установените индивиди. От останалите родове 6 са с относително обилие между 1 и 2%, а 15 рода са установени с много малка численост и всеки от тях е под 1% (Фиг. 5).

Пет от установените видове са с относително обилие по-голямо от 5% и се явяват доминанти: *Nebela collaris* (16.19%), *Hyalosphenia papilio* (9.92%), *Assulina seminulum* (8.69%), *A. muscorum* (8.32%) и *Trinema lineare* (6.85%). Общата численост на тези 5 вида е 49.97%, т.е. половината от всички установени индивиди се отнасят към тях (Фиг. 6). Субдоминантните видове (между 2 и 5%) са шест, а тяхното общо обилие е 15.34%: *Corythion dubium* (3.01%), *Sphenoderia minuta* (2.83%), *Cryptodiffugia oviformis* (2.53%), *Argygnia dentistoma* (2.47%), *Trinema enchelys* (2.28%) и *Heleopera rosea* (2.22%). Рецедентните видове (между 1 и 2%) са 10, а субрецедентните видове с относително обилие под 1% са 69. За отбелязване е, че рецедентните и субрецедентните видове са общо 79 (87.8% от всички установени видове), а тяхното общо обилие е 34.69%, или едва около 1/3 от всички установени индивиди.

4.3.3. Рила

При количествените изследвания на текамебните съобщества от сфагновите мъхове на Рила са установени общо 652 241 индивида от 92 вида и 32 рода черупчести амеби. С най-голямо обилие са представени родовете *Hyalosphenia* (30.39% от всички установени индивиди), *Trinema* (16.85%), *Nebela* (8.83%), *Assulina* (6.13%) и *Euglypha* (5.63%). Общата численост на тези 5 рода е 67.83%, т.е. приблизително 2/3 от общия брой на всички установени индивиди. Със сравнително висок процент (2-5%) са регистрирани родовете *Quadrullella* (4.39%), *Sphenoderia* (3.33%), *Corythion* (3.01%), *Gibbocarina* (2.93%), *Argygnia* (2.34%) и *Cryptodiffugia* (2.07%), които общо съставляват 18.07% от общия брой на установените индивиди. От останалите родове 5

са с относително обилие между 1 и 2%, а 16 рода са установени с много малка численост и всеки от тях е под 1% (Фиг. 5).

Три от установените видове са с относително обилие по-голямо от 5% и се явяват доминанти: *Hyalosphenia papilio* (30.39%), *Trinema lineare* (12.92%) и *Nebela collaris* (8.06%). %. Общата численост на тези 3 вида е 51.37%, т.е. над половината от всички установени индивиди се отнасят към тях (Фиг. 6). Субдоминатните видове (между 2 и 5%) са осем, а тяхното общо обилие е 22.24%: *Trinema enchelys* (3.35%), *Assulina muscorum* (3.19%), *Corythion dubium* (3.01%), *A. seminulum* (2.94%), *Gibbocarina galeata* (2.93%), *Quadrullella symmetrica* (2.64%), *Argynnia dentistoma* (2.18%) и *Sphenoderia fissirostris* (2.00%). Рецедентните видове (между 1 и 2%) са 5, а субрецедентните видове с относително обилие под 1% са 76. За отбелязване е, че рецедентните и субрецедентните видове са общо 81 (88% от всички установени видове), а тяхното общо обилие е 26.39%, или едва около 1/4 от всички установени индивиди.

4.3.4. Пирин

При количествените изследвания на текамебните съобщества от сфагновите мъхове на Пирин са установени общо 552 105 индивида от 87 вида и 32 рода черупчести амеби. С най-голямо обилие са представени родовете *Hyalosphenia* (20.03% от всички установени индивиди), *Trinema* (19.21%), *Nebela* (9.53%), *Euglypha* (6.73%), *Assulina* (6.65%), *Quadrullella* (5.77%) и *Gibbocarina* (5.39%). Общата численост на тези 7 рода е 73.31%, т.е. приблизително 3/4 от общия брой на всички установени индивиди. Със сравнително висок процент (2-5%) са регистрирани родовете *Sphenoderia* (3.77%), *Longinebela* (3.56%), *Corythion* (3.11%), *Diffflugia* (2.90%), *Argynnia* (2.86%), *Heleopera* (2.14%) и *Centropyxis* (2.01%), които общо съставляват 20.35% от общия брой на установените индивиди. От останалите родове 2 са с относително обилие между 1 и 2%, а 16 рода са установени с много малка численост и всеки от тях е под 1% (Фиг. 5).

Четири от установените видове са с относително обилие по-голямо от 5% и се явяват доминанти: *Hyalosphenia papilio* (20.03%), *Trinema lineare* (13.42%), *Assulina muscorum* (6.65%) и *Gibbocarina galeata* (5.39%). Общата численост на тези 4 вида е 45.49%, т.е. малко под 1/2 от всички установени индивиди се отнасят към тях (Фиг. 6). Субдоминатните видове (между 2 и 5%) са девет, а тяхното общо обилие е 30.78%: *Trinema enchelys* (4.90%), *Nebela collaris* (4.83%), *N. pechorensis* (3.51%), *Quadrullella variabilis* (3.23%), *Corythion dubium* (3.10%), *Sphenoderia fissirostris* (2.93%), *Longinebela penardiana* (2.90%), *Argynnia dentistoma* (2.86%) и *Q. symmetrica* (2.52%). Рецедентните

видове (между 1 и 2%) са 7, а субрецентните видове с относително обилие под 1% са 67. За отбелязване е, че рецентните и субрецентните видове са общо 74 (85.1% от всички установени видове), а тяхното общо обилие е 23.73%, или едва около 1/4 от всички установени индивиди.

4.3.5. Родопи

При количествените изследвания на текамебните съобщества от сфагновите мъхове на Родопите са установени общо 868 252 индивида от 88 вида и 34 рода черупчести амеби. С най-голямо обилие са представени родовете *Archerella* (31.02% от всички установени индивиди), *Trinema* (23.79%), *Hyalosphenia* (16.16%), *Assulina* (6.27%) и *Euglypha* (5.51%). Общата численост на тези 5 рода е 82.75%, т.е. над 4/5 от общия брой на всички установени индивиди. Със сравнително високо процент (3.02%) е представен род *Nebela*. От останалите родове 5 са с относително обилие между 1 и 2%, а 23 рода са установени с много малка численост и всеки от тях е под 1% (Фиг. 5).

Три от установените видове са с относително обилие по-голямо от 5% и се явяват доминанти: *Archerella flavum* (31.02%), *Trinema lineare* (19.20%) и *Hyalosphenia papilio* (16.16%). Общата численост на тези 3 вида е 66.38%, т.е. 2/3 от всички установени индивиди се отнасят към тях (Фиг. 6). Субдоминантните видове с относително обилие между 2 и 5% са четири, а тяхното общо обилие е 13.46%: *Trinema enchelys* (4.28%), *Assulina seminulum* (4.17%), *Nebela collaris* (2.91%) и *A. muscorum* (2.10%). Рецентните видове с относително обилие между 1 и 2% са 7, а субрецентните видове с относително обилие под 1% са 74. За отбелязване е, че рецентните и субрецентните видове са общо 81 (92.01% от всички установени видове), а тяхното общо обилие е 20.16%, или едва около 1/5 от всички установени индивиди.

4.4. Структурна характеристика на текамебните съобщества

4.4.1. Структурна характеристика на текамебните съобщества в изследваните планини

Стойностите на структурните параметри на текамебните съобщества в сфагновите мъхове от изследваните планини са представени на Таблица 2. От данните в таблицата се вижда, че във всички планини изследваните структурни параметри варират в сравнително тесен диапазон и са доста сходни.

Таблица 2. Стойности на структурните параметри на текамебните съобщества в сфагновите мъхове от изследваните планини.

Планина	Брой видове (S)	Параметри			
		H	d	e	c
Витоша	94	4.07	15.07	0.62	0.14
Стара планина	90	4.86	15.25	0.75	0.06
Рила	92	4.28	15.65	0.66	0.12
Пирин	87	4.53	14.98	0.7	0.08
Родопи	88	3.57	14.65	0.55	0.17

Индексът за видово разнообразие на Шанън-Уйвър е висок за изследваните планини, като варира от 3,57 (Родопи) до 4,86 (Стара планина). Високите стойности на този параметър са индикация за това, че екологичните условия в сфагновите мъхове са много благоприятни за развитието на черупчестите амеби, поради което и видово разнообразие на текамебните съобщества в тях е много голямо (от 87 вида в Пирин до 94 вида на Витоша). В потвърждение на това заключение са и данните за стойностите на останалите структурни параметри, които са доста високи за индекса за общо видово разнообразие на Маргалеф (14,65-15,65) и индекса за изравненост на Пиелу (0,55-0,75) и в същото време много ниски за индекса на доминиране на Симпсън (0,06-0,17). От данните в таблицата също така се вижда, че макар и с малко стойностите на структурните параметри на текамебните съобщества в Родопите различават от тези в другите планини. Тези данни показват не толкова, че видовото разнообразие на съобществата в тази планина се различава съществено от това в другите планини, а по-скоро свидетелстват за по-ниската степен на изравненост на видовете, т.е. за наличието на по-малък брой доминиращи видове и повече редки видове с малка численост.

4.4.2. Структурна характеристика на текамебните съобщества в различните райони на изследваните планини

Стойностите на структурните параметри на текамебните съобщества от сфагновите мъхове в различните райони на изследваните планини са представени на Таблица 3. От данните в таблицата се вижда, че изследваните структурни параметри от различните райони варират в сравнително тесен диапазон и са доста сходни за повечето райони. Индексът за видово разнообразие на Шанън-Уйвър варира от 2,63 (Чаирски езера, Родопи) до 4,79 (Планински извори, Стара планина), като в повечето райони

стойностите му са между 3 и 4,5. Като цяло този параметър има навсякъде сравнително високи стойности, което е индикация за това, че екологичните условия в изследваните райони са благоприятни за развитието на голям брой черупчестите амеби. С най-високи стойности на параметъра и съответно с най-голямо видово разнообразие на текамебните съобщества в изследваните планини се отличават районите Горна тераса на Витоша (89 вида), Белмекен в Рила (82), Планински извори в Стара планина (76), Попово езеро в Пирин (67) и яз. Широка поляна – яз. Беглика в Родопите (66). Само за два от изследваните райони (Говедарци в Рила и Чаирски езера в Родопите) индексът за видово разнообразие на Шанън-Уйвър има стойности по-малки от 3 и тези райони се характеризират със сравнително по-малко видово разнообразие на текамебните съобщества (съответно 29 и 59 вида).

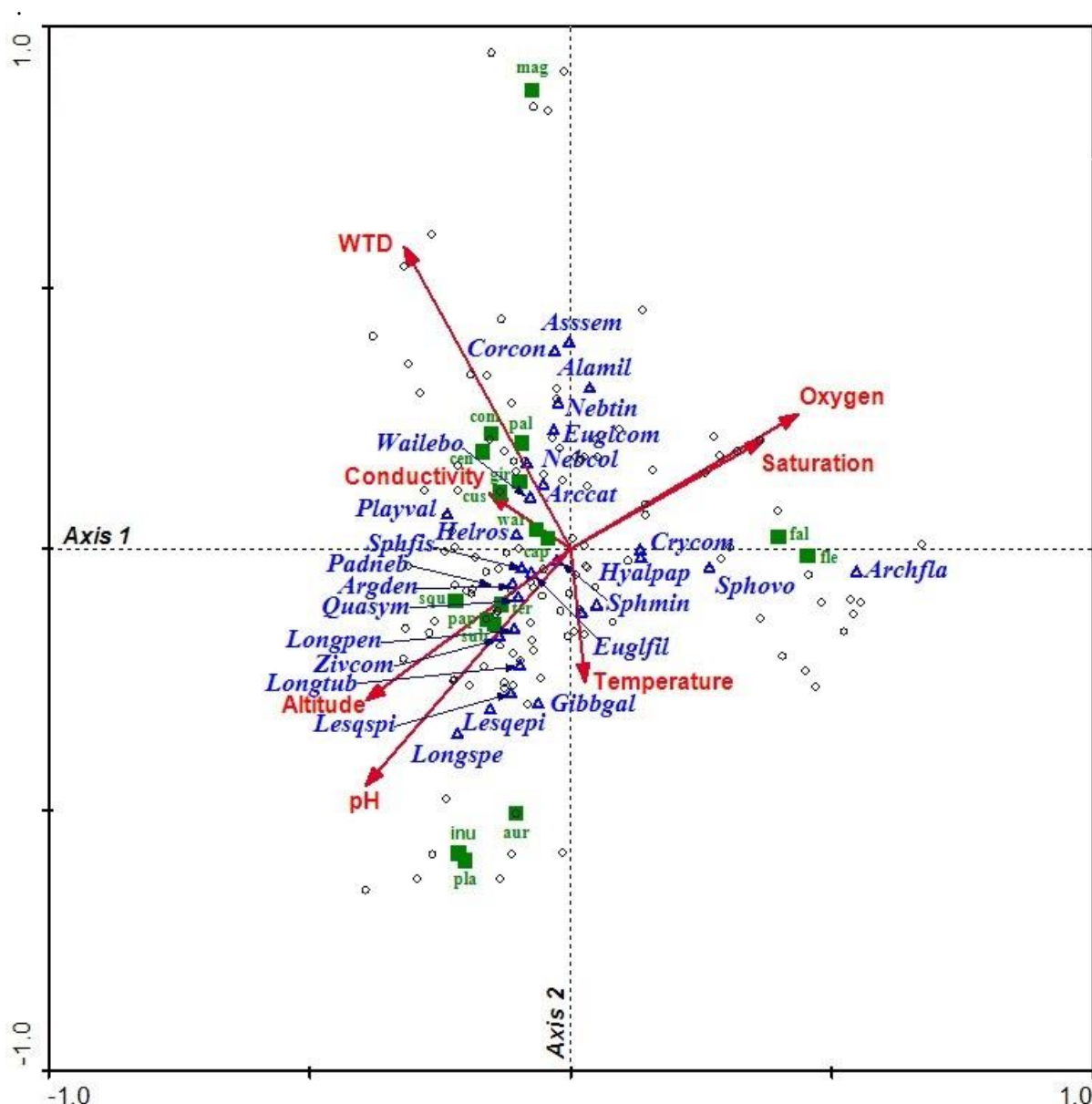
Направените по-горе заключения на базата на стойностите на индекса за видово разнообразие на Шанън-Уйвър се потвърждават и от данните за стойностите на другите структурни параметри на текамебните съобщества в изследваните райони.

Таблица 3. Стойности на структурните параметри на текамебните съобщества от сфагновите мъхове в различните райони на изследваните планини.

Район	Брой видове (S)	Параметри			
		H	d	e	c
Витоша					
Платото (V1)	78	3.33	13.07	0.53	0.24
Горна тераса (V2)	89	4.69	15.56	0.72	0.08
Коняръника (V3)	65	3.4	11.86	0.56	0.13
Стара планина					
Петрохан (S1)	75	4.45	13.55	0.71	0.09
Планински извори (S2)	76	4.79	13.71	0.77	0.06
Копрен (S3)	60	3.48	11.79	0.59	0.21
Рила					
Белмекен (Ri1)	82	4.46	15.21	0.7	0.11
Рибни езера-Смрадливо езеро-Тиха Рила (Ri2)	70	4.02	12.83	0.66	0.15
Брежански ливади (Ri3)	52	3.25	10.19	0.57	0.21
Говедарци (Ri4)	29	2.84	6.89	0.58	0.25
Седемте рилски езера (Ri5)	57	4.21	11.32	0.72	0.1
Пирин					
Попово езеро (P1)	67	4.71	12.55	0.78	0.05
Река Беговица (P2)	47	3.35	9	0.6	0.23
Попови ливади (P3)	45	3.33	9.14	0.61	0.2
Тевно езеро (P4)	58	4.38	12.92	0.75	0.09
Северен Пирин (P5)	63	4.36	11.97	0.73	0.08
Родопи					
Чаирски езера (Ro1)	59	2.63	10.56	0.45	0.33
Широка поляна-Беглика (Ro2)	66	3.62	11.99	0.6	0.21
Смолянски езера (Ro3)	60	3.22	10.8	0.55	0.2

4.5. Оценка на параметрите на средата (многовариантни статистически анализи)

Взаимовръзката между амебните съобщества и факторите на средата са изследвани посредством ординационен каноничен кореспондентен анализ (CCA). Резултатите от него са показани на Фиг. 7.



Фиг. 7. Каноничен кореспондентен анализ (CCA) на разпределението на черупчестите амеби и сфагновите мъхове спрямо факторите на средата.

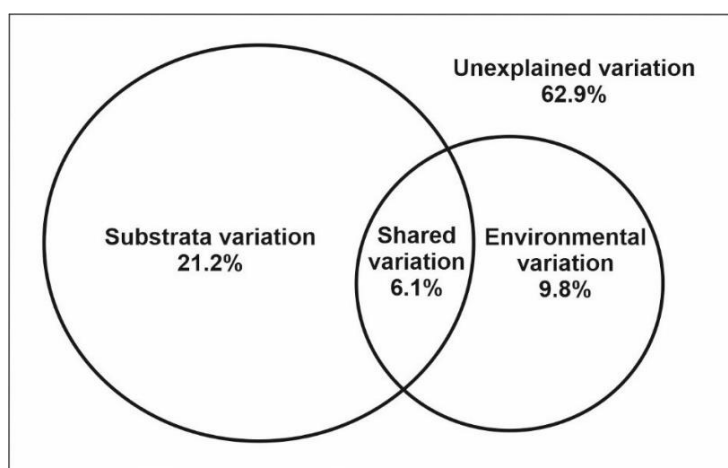
Първата ос е свързана главно със съдържанието на разтворения кислород (интра-сет корелация 0.4349). Тя отделя пробите с по-високи стойности за разтворения във водата кислород, субстратите *Sphagnum fallax* (fal) и *Sphagnum flexuosum* (fle), съдържащите ги проби и характерните за тях видове черупчести амеби *Archerella*

flavum (Archfla), *Cryptodiffugia compressa* (Crycom) и *Hyalosphenia papilio* (Hyalpap). За отбелязване е, че почти всички от тези проби (21 от общо 22) са от изследваните райони на Витоша, Стара планина и Родопите, и само с едно изключение (№ 301) отсъстват от районите на Рила и Пирин планини.

Втората ос е свързана с нивото на подпочвената вода - WTD (интра-сет корелация 0.5775) и киселинността на средата - pH (интра-сет корелация -0.4523). Тя съпоставя пробите с високо WTD и ниско pH и отделя субстрата *Sphagnum magelanicum* (mag), около който са концентрирани пробите съдържащи този субстрат. Характерни за този сравнително по-сух субстрат са аерофилните видове *Assulina seminulum* (Asssem), *Corythion constricta* (Corcon), *Alabasta militaris* (Alamil), *Nebela tinctoria* (Nebtin) и *Euglypha compressa* (Euglcom). Пробите, които съдържат този сфагнов мъх са само 4 - по две от Стара планина и Родопите. В противоположната страна на тази ос са отделени пробите с ниско WTD и сравнително по-високо pH, субстратите *Sphagnum inundatum* (inu), *S. platyphyllum* (pla) и *S. auriculatum* (aur), както и пробите съдържащи тези субстрати. Характерни за тях са типични сфагнофилни видове черупчести амеби като *Gibbocarina galeata* (Gibbgal), *Lesquereusia epistomium* (Lesqepi), *Longinebela speciosa* (Longspe) и др. Тези субстрати имат сравнително ограничено разпространение и са установени само в 5 проби (по 1 от Витоша и Пирин и 3 от Стара планина).

Близо до централната част на диаграмата са концентрирани субстратите и пробите, които нямат много ясна свързаност с нито една от двете оси. Логично обяснение за това е обстоятелството, че *Sphagnum capillifolium* (cap), *S. teres* (ter) и *S. subsecundum* (sub) са едни от най-разпространените сфагнови мъхове, които се срещат във всички планини и в почти всички изследвани райони (съответно в 26, 22 и 21 района) и характеристиките на техните местообитания се отличават с много голяма вариабилност. Тези сфагнови мъхове се отличават също така с голямо видово разнообразие на текамебните съобщества и с наличието на голям брой характерни за тези субстрати видове, повечето от които са типични сфагнофилни обитатели (*Argynnia dentistoma* (Argden), *Heleopera rosea* (Helros), *Lesquereusia spiralis* (Lesqspi), *Longinebela penardiana* (Longpen), *Longinebela tubulosa* (Longtub), *Playfairina valkanovi* (Playval), *Quadrullella symmetrica* (Quasym), *Sphenoderia minuta* (Sphmin), *Sphenoderia fissirostris* (Sphfis), *Zivkovicia compressa* (Zivcom).

С цел да се изследва влиянието на различите групи фактори на средата – параметрични и непараметрични, общата вариация на видовия състав е разделена на отделни части представящи всяка от тези две групи, както индивидуално, така и съвместно между тях. Отделната и съвместна пропорция на обяснената вариация от тези групи променливи са показани на Фиг. 8. Общата обяснена вариация е 37.1%. Групата на непараметричните фактори на средата (субстратите) има по-голяма обяснителна способност от групата на параметричните фактори на средата, като тя обяснява 21.2% от общата обяснена вариация ($P=0.004$). Обяснената индивидуална вариация от втората група (параметричните фактори на средата) е 9.8% ($P=0.004$), а двете групи заедно прибавят достоверен дял от 6.1% към общата обяснена вариация. Направените заключения потвърждават резултати от предишни изследвания, че факторите на средата с определящо значение са влажността (изразяващо се в съдържанието на влага в мъховете и количеството на подпочвената вода) и рН (Charman and Warner 1992; Tolonen et al. 1994; Charman 1997; Bobrov et al. 1999, Mitchell et al. 1999; Lamentowicz and Mitchell 2005).



Фиг. 8. Графика, показваща процентите на обяснената вариация от всяка група поотделно, съвместно споделената, както и необяснената такава.

5. Заключение

➤ Настоящата разработка е цялостно обобщаващо изследване на сфагнофилните черупчести амеби от България. Актуализиран е видовият състав на групата, направена е синонимизация според последните таксономични промени. Систематизирана и актуализирана е информацията за разпространението на отделните видове.

➤ Сфагнофилната текамебна фауна на изследваните планини се характеризира с високо таксономично разнообразие и включва 148 вида от 41 рода, принадлежащи към 17 семейства, което съставлява 84,1% от регистрираните за страната 176 вида сфагнофилни текамеби.

➤ Между отделните планини се наблюдава висока степен на фаунистично сходство (82,88% - 88,70%), като броят на установените видове в тях варира в тесни граници (между 110 и 116 вида). Голяма част от видовете са широко разпространени и се регистрирани във всички планини (общо 87 вида, 58,8% от всички установени).

➤ Сфагнофилната текамебна фауна на Родопите има по-специфичен характер и може да се обясни до голяма степен с факта, че в тази планина са установени най-голям брой редки видове, които не се срещат в другите изследвани планини (*Centropyxis laevigata*, *C. plagiostoma*, *Netzelia gramen*, *N. oviformis*, *Placocista spinosa*, *Trinema galeata* и *Zivcovicia spectabilis*). За тази специфичност допринася и по-особеният характер на сфагновите местообитания в Родопите, които в някои случаи (Чаирски и Смолянски езера) са обособени като плаващи торфени острови в самите езера. Това е причината в текамебните съобщества от тези местообитания, наред със сфагнофилните видове да се появяват и типични водни обитатели, които отсъстват в другите планини (*Diffflugia lanceolata*, *Netzelia gramen*, *N. oviformis*, *N. tuberculata*).

➤ При количествените изследвания на текамебните съобщества с най-голямо обилие (над 5%) са представени родовете ***Hyalosphenia*** (Витоша, Стара планина, Рила, Пирин и Родопи), ***Trinema*** (Витоша, Стара планина, Рила, Пирин и Родопи), ***Euglypha*** (Витоша, Стара планина, Рила, Пирин и Родопи), ***Assulina*** (Витоша, Стара планина, Рила, Пирин и Родопи), ***Nebela*** (Витоша, Стара планина, Рила и Пирин), ***Quadrullella*** (Пирин), ***Gibbocarina*** (Пирин) и ***Archerella*** (Родопи).

➤ Осем от установените видове са с относително обилие по-голямо от 5% и се явяват доминанти: ***Hyalosphenia papilio*** (Витоша, Стара планина, Рила, Пирин и Родопи), ***Trinema lineare*** (Витоша, Стара планина, Рила, Пирин и Родопи), ***Nebela collaris*** (Витоша, Стара планина и Рила), ***Assulina muscorum*** (Витоша, Стара планина и Пирин), ***Assulina seminulum*** (Стара планина), ***Euglypha laevis*** (Витоша), ***Gibbocarina galeata*** (Пирин) и ***Archerella flavum*** (Родопи).

➤ Постоянните видове, с честота на срещане във всички изследвани планини над 50%, са 36. Голяма част от тях са еврибионти, а типично сфагнофилни видове са: *Euglypha cristata*, *Gibbocarina galeata*, *Heleopera rosea*, *Hyalosphenia papilio*, *Lesquereusia spiralis*, *Longinebela penardiana*, *L. tubulosa*, *Quadrullella symmetrica*,

Sphenoderia fissirostris и *S. minuta*. Единственият вид, установен във всички 133 находища е еврибионтът *Trinema lineare*.

➤ Клъстерният анализ за фаунистичното сходство на отделните райони в изследваните планини показва групиране на отдалечени един от друг участъци. Определящата роля за развитието на сходни фауни оказва не толкова пространствената близост на тези райони, колкото наличието на сходни екологични, климатични и физикогеографски условия в тях.

➤ Ординационният каноничен кореспондентен анализ (ССА) показва, че от параметрите на средата най-голямо значение за определяне състава и структурата на съобществата от черупчести амеби имат субстратът (видовете сфагнови мъхове), нивото на подпочвената вода (WTD), кислородното съдържание и рН. При сравнение на параметричните и непараметрични фактори на средата се установява по-голяма обяснителна способност на непараметричните фактори (субстратите) за разпространението и общата вариация на тестаците.

➤ Комплексната оценка за структурната характеристика на текамебните съобщества в изследваните райони показва, че екологичните условия са благоприятни за развитието на черупчестите амеби и поради това текамебните съобщества в тях се отличават с голямо видово разнообразие и висока степен на изравненост на видовете. Изключения в това отношение са четири от изследваните райони (Говедарци в Рила, Чаирски езера в Родопите и два района в Пирин – долината на р. Беговица и Попови ливади). Тези райони имат едни от най-ниските стойности на индекса за видово разнообразие на Шанън-Уйвър (2,63-3,35), индекса за общо видово разнообразие на Маргалеф (6,89-10,56) и индекса за изравненост на Пиелу (0,45-0,61), както и най-високи стойности на индекса на доминиране на Симпсън (0,20-0,33).

6. Приноси

Таксономични приноси

➤ От района на х. Копрен (Западна Стара планина) са описани два нови вида за науката (*Longinebela ampulla* Todorov, Bankov & Ganeva, 2018 и *Quadrullella deflandrei* Bankov, Todorov & Ganeva, 2021).

➤ Извършена е таксономична ревизия на съобщените от България сфагнофилни тестацеи, като 36 вида са синонимизирани съгласно последните таксономични промени, а два погрешно определени таксона (*Euglypha brachiata* Penard,

1902 и *Diffugia compressa* var. *africana* Gauthier-Lièvre et Thomas, 1958) са отнесени към валидните видове *Euglypha acanthophora* и *Zivkovicia compressa*.

➤ Съгласно съвременната класификация два от съобщените видове са отнесени към голите амеби (*Cochliopodium bilimbosum* (Auerbach 1856) и *Cochliopodium echinatum* Korotneef, 1879), а един – към фораминиферите (*Microgromia elegantula* (Penard 1904) = *Paralieberkuehnia elegantula* (Penard 1904) и поради това тези видове са извадени от списъка на сфагнофилните тестацеи.

➤ С помощта на електронно-микроскопски изследвания, при 120 вида тестацеи е установена ултраморфологията на черупката, която е много важен таксономичен белег за групата. При голяма част от изследваните видове такива данни се дават за първи път в специализираната научна литература.

Фаунистични приноси

➤ Установени са пет нови рода за фауната на България (*Alabasta*, *Gibbocarina*, *Longinebela*, *Planocarina* и *Scutiglypha*).

➤ Десет от регистрираните видове са нови за фауната на България: ***Arcella bathystoma*** (Рила, Пирин и Родопи); ***Corythion constricta*** (Витоша, Стара планина, Пирин и Родопи); ***Lagenodiffugia montana*** (Рила, Пирин и Родопи) ***Nebela aliciae*** (Витоша, Стара планина и Пирин), ***N. guttata*** (Витоша, Стара планина, Рила, Пирин и Родопи), ***N. pechorensis*** (Витоша, Стара планина, Рила, Пирин и Родопи), ***N. rotunda*** (Витоша), ***Quadrullella variabilis*** (Витоша, Стара планина, Рила, Пирин и Родопи), ***Sphenoderia labiata*** (Витоша, Стара планина, Рила, Пирин и Родопи) и ***Sphenoderia ovoidea*** (Витоша, Стара планина, Рила, Пирин и Родопи).

➤ За първи път е проучена сфагнофилната текамебна фауна на Стара планина, като се дават нови данни за разпространението на установените в нея 110 вида от 36 рода.

➤ Натрупаната до момента научна информация за регистрираните сфагнофилни видове от България е систематизирана и организирана в информационна база данни.

Приноси в областта на екологията на тестаците

➤ Установени са доминантната структура и комплексите от доминантни видове в текамебните съобщества на сфагновите мъхове от петте планини с най-широко разпространение на този тип местообитания – Витоша, Стара планина, Рила, Пирин и Родопите.

➤ Анализирано е фаунистичното сходство между текамебните съобщества на изследваните планини и е установено, че те се характеризират с изключително голямо сходство (82,88% - 88,70%). Макар и с неголеми различия се оформят две двойки планини, които показват по-голямо сходство помежду си: от една страна това са Рила и Пирин, със сходство във фауните от 88,70%, а от друга страна – Витоша и Стара планина със сходство от 88,69%. Родопите заемат междинно положение между тези две двойки, но показват по-голямо фаунистично сходство с Рила и Пирин (съответно 87,61% и 88,60%), отколкото със Стара планина и Витоша (съответно 82,88% и 85,20%).

➤ Анализирано е фаунистичното сходство и между текамебните съобщества в различните видове сфагнови мъхове. С голямо фаунистично сходство (80.6%) се отличава клъстерът, който обединява едни от най-разпространените сфагнови мъхове: *S. platyphyllum* (*Sphpla*), *S. capillifolium* (*Sphcap*), *S. subsecundum* (*Sphsub*), *S. flexuosum* (*Sphfle*) и *S. teres* (*Sphter*). Тези сфагнови мъхове се характеризират с най-голямо видово разнообразие на текамебните съобщества (141 вида), като само 7 от установените при настоящите изследвания 148 вида черупчести амеби не са регистрирани в тях. На другия полюс се намира клъстерът, обединяващ сфагновите мъхове *S. auriculatum* (*Sphaur*) и *S. cuspidatum* (*Sphcus*), който има най-малко фаунистично сходство (65.22%). Видовото разнообразие на текамебните съобщества в тези мъхове е много малко (58 вида), а 90 от установените 148 вида не са регистрирани в тях.

➤ Чрез използването на разнообразни индекси е извършена оценка на структурната характеристика на сфагнофилните текамебни съобщества в изследваните райони и е установено, че почти навсякъде те се отличават с голямо видово разнообразие и висока степен на изравненост на видовете.

➤ Направени са ординационни анализи на разпространението на тестаците и е установено, че от факторите на средата най-голямо влияние имат типа субстрат (видовете сфагнови мъхове), нивото на подпочвената вода (WTD), кислородното съдържание и рН.

Декларация за оригиналност и достоверност

от Никола Сашов Бънков

Във връзка с провеждането на процедура за защита на дисертация за придобиване на образователна и научна степен „доктор” в Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания при БАН, еднозначно декларирам:

1) Резултатите, обсъжданията и изводите в научната продукция, които предоставям в процедурата, са оригинални и не са заимствани без цитиране от изследвания и публикации, в които нямам участие.

2) Представената от мен информация във вид на копия на документи и публикации, лично съставени справки съответства на обективната истина.

03.02.2022 г.

гр. София

Декларатор:.....

Никола Бънков

Списък на научните публикации по темата на дисертацията и цитиранията по тях:

Bankov N., Todorov M., Ganeva A. 2018. Checklist of Sphagnum-dwelling testate amoebae in Bulgaria. *Biodiversity Data Journal*, 6: e25295. (<https://doi.org/10.3897/BDJ.6.e25295>) (ISSN:1314-2828) (IF 2018 = 1.01) (SJР-0.524) (Q2)

Цитира се в:

Carballeira R., Pontevedra-Pombal X. 2021. Diversity of Testate Amoebae as an Indicator of the Conservation Status of Peatlands in Southwest Europe. *Diversity*, 13, 269 (<https://doi.org/10.3390/d13060269>) (ISSN: 1424-2818) (IF 2020/2021 = 2.332) (SJР 2020 = 0.697) (Q1)

Todorov M., **Bankov N.**, Ganeva A. 2018. *Longinebela ampulla* sp. n. (Arcellinida: Hyalospheniidae), a new testate amoeba from Sphagnum peatlands in Bulgaria. *Acta zoologica bulgarica*, 70 (3): 285-292. (ISSN:0324-0770) (IF 2018 = 0.278) (SJР 2018 – 0.190) (Q4)

Цитира се в:

Luketa S. D. 2021. Morphological polymorphism of *Longinebela tubulosa* (Arcellinida, Hyalospheniformes) from East Herzegovina. *Zoologichesky Zhurnal*, 100, 3: 243-255. (<https://doi.org/10.31857/S0044513421030077>) (ISSN: 0044-5134) (IF 2019/2020 = 0,297) (SJР 2019 – 0.204) (Q4)

Bankov N., Todorov M., Ganeva A. 2021. An overview of the genus *Quadrullella* (Arcellinida: Hyalospheniidae) from Bulgaria, with description of *Quadrullella deflandrei* sp. nov. *Protistology*, 15 (2): 53-68. (<https://doi.org/10.21685/1680-0826-2021-15-2-1>) (ISSN 1680-0826) (SJР 2020 – 0.374) (Q3)

Списък на участия в научни форуми, отразяващи изследванията по дисертацията:

Bankov N. 2018. *Sphagnum*-dwelling testate amoebae (Amoebozoa; Cercozoa; Stramenopiles) in Stara Planina Mountains. Youth Scientific Conference "Kliment's Days", 8th-9th November 2018, Sofia, Bulgaria.

Bankov N. 2019. *Sphagnum*-dwelling testate amoebae (Amoebozoa; Cercozoa; Stramenopiles) in Pirin Mountains. Youth Scientific Conference "Kliment's Days", 8th November 2019, Sofia, Bulgaria.

Composition, distribution and ecological characteristics of *Sphagnum*-dwelling testate amoebae in Bulgaria

Nikola Bankov

PhD Thesis, Sofia 2022

Institute of Biodiversity and Ecosystem Research - Bulgarian Academy of Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Milcho Todorov, PhD,
Supervisor: Assoc. Prof. Anna Ganeva, PhD

Summary

The thesis contains summarized data about the composition, distribution and ecology of *Sphagnum*-dwelling testate amoebae from Bulgaria. The materials were collected from Vitosha and Stara Planina Mountains in 2016, Rila and Pirin Mountains in 2017 and Rhodopes Mountains in 2018. A total of 266 samples (one qualitative and one quantitative) from 133 localities of 17 *Sphagnum* species were examined. As a result of the present study we established 148 species from 41 genera and 17 families

There is a high degree of similarity between the different mountains, as the number of species varies within narrow limits (between 110 in Stara Planina and 116 species in Pirin). Most of the registered testate amoebae are typical sphagnophilic representatives belonging to the genera *Assulina*, *Cyphoderia*, *Gibbocarina*, *Hyalosphenia*, *Longinebela*, *Nebela*, *Playfairina*, *Quadrullella* and *Sphenoderia*. A large percent of the commonly found species are eurybionts (*Argygnia dentistoma*, *Centropyxis aerophila*, *Centropyxis aculeata*, *Corythion dubium*, *Trachelocorythion pulchellum*, *Euglypha* spp. and *Trinema* spp.). Among the accidentally imported as a result of meteorological conditions (wind and/or running water) are testaceans characteristic of aerophilous mosses (*Awerintzewia cyclostoma* and *Bullinularia indica*), as well as typical freshwater (*Arcella* spp., *Diffugia* spp. and *Netzelia* spp.) and soil (*Centropyxis* spp., *Plagiopyxis* spp. and *Phryganella* spp.) representatives.

The analysis of the data from testate amoebae communities from different mountain shows that in general, they are characterized by extremely high similarity (82.88% – 88.70%). The small differences in the fauna of these mountains can be explained mainly by the presence of a relatively large number of rare species found in only one of the mountains (27 species in total, 18.2% of all found). When comparing different regions, the results

clearly show that relatively distant areas from different mountains form well-separated clusters. A decisive role for the development of similar fauna has the presence of similar ecological conditions.

In the quantitative studies genera showing the largest numbers in the testacean communities in Vitosha, Stara Planina, Rila and Pirin are *Hyalosphenia*, *Trinema*, *Euglypha*, *Assulina* and *Nebela*. An exception is the Rhodopes Mountains, where as dominant genus is registered *Archerella*. In all mountains the structural parameters vary in a relatively narrow range. High values of the Shannon-Weaver, Margalef and Pielu's indices are observed, and at the same time very low for the Simpson's dominance index. These values show in general, that the ecological conditions in *Sphagnum* mosses are very favorable and the testate amoebae communities are characterized by high species diversity and high degree of species uniformity.

The relationship between testate amoebae communities and environmental factors has been studied through ordinal analysis. Environmental factors with highest impact on the distribution and community structure are the type of substrate (*Sphagnum* moss), groundwater level, oxygen content and pH.