



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ОКЕАНОЛОГИЯ
„ПРОФ. ФРИТЪОФ НАНСЕН“

Стоян Иванов Вергиев

**ПАЛЕОЕКОЛОГИЯ И ГЕОАРХЕОЛОГИЯ
НА ГОРНОПЛЕЙСТОЦЕНСКИ И ХОЛОЦЕНСКИ
СЕДИМЕНТИ ПО ДАННИ ОТ ДЪЛБОКОВОДНАТА
ЧАСТ НА ЧЕРНО МОРЕ И ВАРНЕНСКОТО ЕЗЕРО**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на

ДИСЕРТАЦИЯ

за придобиване на образователна и научна степен
„ДОКТОР“

По научна специалност: **01.07.10.** „Геология на океаните
и моретата“

Научни консултанти:

доц. г-р Емануил Димитров Кожухаров

проф. гбн Марияна Владимирова Филипова-Маринова

София
2014 г.



Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширен семинар на секция “Морска геология и археология“ към Института по океанология „проф. Ф. Нансен“, Българска Академия на Науките, състоял се на 21 май 2014 г.

Авторът е подготвил дисертацията като докторант в самостоятелна форма на обучение в секция “Морска геология и археология“ към Института по океанология „проф. Ф. Нансен” – БАН с научни консултанти: доц. д-р Емануил Димитров Кожухаров и проф. дбн Марияна Владимирова Филипова-Маринова.

Представеният дисертационен труд в обем от 201 страници, съдържа 10 глави, 42 фигури, 5 таблици и 14 приложения. Списъкът на цитираната литература включва 491 заглавия, от които 178 на кирилица и 313 на латиница.

Защитата на дисертационният труд ще се състои на 22.07.2014 г. от 10.00 ч. в заседателната зала на Института по океанология „проф. Ф. Нансен” – БАН на бул. „Първи май” № 40 на открито заседание на петчленно Научно жури в състав:

1. проф. дбн Димитър Асенов Иванов, ИБЕИ – БАН (Рецензент)
2. проф. дбн Марияна Владимирова Филипова-Маринова, отдел „Природа“, РИМ – Варна
3. доц. д-р Дария Куртева Иванова, Геологически институт – БАН
4. проф. дгн инж. Веселин Димитров Пейчев, ИО – БАН, Варна (Председател на Научното жури)
5. проф. д-р Петко Стоянов Димитров, ИМСТЦХА – БАН (Рецензент)

Материалите по защитата са на разположение на интересувашите се в библиотеката на Института по океанология „проф. Ф. Нансен” – БАН, гр. Варна, бул. „Първи май” № 40.

Заглавие на дисертацията: „Палеоекология и геоархеология на горноплейстоценски и холоценски седименти по данни от дълбоководната част на Черно море и Варненското езеро”

Автор: Стоян Иванов Вергиев

1. Увод

Морските и езерни горноплейстоценски и холоценски утайки съдържат многобройни микрофосилни останки – спори, полен, динофлагелатни цисти и други неполенови палиноморфи, които се запазват в определена последователност, позволяваща да се извърши реконструкция на палеоекологичните условия през късноледниково време и холоцен. Независимо от големия набор данни и развитието на съвременната наука, остават неизяснени много въпроси, свързани с геоложката история на Черно море и палеоекологичните условия през последните 13 000 год.

Настоящото изследване е опит за проследяване на промените в естествената растителност, предизвикани както от промените в климата, така и от човешката дейност. Интердисциплинарният подход при интерпретирането на получените данни, в комбинация с приложените количествени модели и симулации на ландшафтните, предоставят възможност за извеждането на редица данни с приложен характер в морската геология, Маринопалинологията, палеоботаниката и археологията.

2. Цел и задачи на изследването

Целта на настоящия дисертационен труд е реконструкция на промените в растителността, климата и човешкото влияние върху палеоекологичната обстановка на централната част на българското черноморско крайбрежие и района на Варненското езеро през последните 13000 години.

За реализирането на тази цел бяха поставени следните основни задачи:

1. Анализиране на поленовите спектри на съвременни повърхностни проби и изясняване на връзката полен-растителност и полен-климат и техните съответствия с обкръжаващата растителна покривка и климатични особености.
2. Установяване на общите тенденции в промените на растителността по българското черноморско крайбрежие през късноледниково време и холоцен въз основа на интуитивно интерпретиране на установените при спорово-поленовия анализ поленови комплексни зони.
3. Установяване на климатичните промени във времето и влиянието им върху развитието на растителността.
4. Установяване на характера и степента на човешкото влияние върху естествената растителност по българското черноморско крайбрежие и в района на Варненското езеро през късния енеолит и ранната бронзова епоха.
5. Изготвяне на количествени математически модели за динамиката на растителността и палеоекологични реконструкции в ГИС среда.
6. Стратиграфска корелация на получените данни от спорово-поленовия анализ, анализа на динофлагелатните цисти и други неполенови палиноморфи, литоложкия състав на наслагите, радиовъглеродното датиране, количествените реконструкции и археологичните данни – изготвяне на сравнителни схеми за обобщаване на резултатите.

Настоящото изследване е съставна част от Проект № ДНТС-02/23 “Сравнителна палеоекология и геoarхеология на Варненското езеро (България) и Мамайското езеро (Румъния)”, финансиран от Националния Фонд за Научни изследвания към МОМН.

3. Литературен преглед

3.1. Преглед на физикогеографските изследвания на Черно море и Варненско-Белославския езерен комплекс

В литературния преглед са проследени изследванията на морфологията, геологията и хидрологичния режим на Черно море и релефа и геологията на крайбрежието и долината на Варненско-Белославския езерен комплекс.

3.2. Преглед на флористичните, фитоценологичните и палинологичните изследвания на Българското черноморско крайбрежие

Разгледани са основните флористични и фитоценологични проучвания на българското черноморско крайбрежие, Маринопалинологичните изследвания на Западния сектор на Черно море и поленово-аналитичните изследвания на сондажи от Варненското езеро в близост до селата Страшимирово, Повеляново и от пристанищата Арсенала и Транстрой (Божилова и Филипова, 1975; Божилова и Иванов, 1985; Bozilova & Veug, 1994; Filipova-Marinova, 2013b).

3.3. Преглед на теоретичните основи на математическото моделиране по данни от спорово-поленов анализ и количествени модели, използвани при палеоекологичните реконструкции

Проследено е развитието на хипотезите и теоретичните основи на поленовите математически модели и количествените палеорекострукции, като акцент е поставен на обзора на основните методи, използвани в настоящото изследване: Моделът ERV (Extended R-value) и Методът на съвременните аналози (МСА).

4. Характеристика на изследвания район

Представена е физикогеографска (океанографска и геолого-геоморфоложка) характеристика на Черно море, българското черноморско крайбрежие и на Варненско-Белославския езерен комплекс; почвена, климатична и ботаническа характеристика на българското черноморско крайбрежие и археологическите проучвания в района на Варненско-Белославския езерен комплекс.

5. Материал и методика

5.1. Материал

За изясняването на взаимовръзките полен-растителност и полен-климат и калибриране на количествените модели са събрани 41 съвременни повърхностни проби.

Материалите за палинологичните изследвания са взети от два сондажа: Сондаж GGC-18 (The Giant Gravity Core-18) от централната част на континенталния склон на Черно море и Сондаж 3 от северната част на Варненското езеро.

5.2. Методи и анализи

5.2.1. Описание на растителността, заобикаляща съвременните проби

Описанието на растителността около шестте повърхностни проби, разположени в близост до Варненско-Белославския езерен комплекс, е извършено в 4 концентрични пръстена до 5000 m, разположени около точката на вземане на пробата в съответствие с методиката на Bunting et al. (2013) и модифицирана за настоящото изследване. Фитоценологичните описания са извършени в пробни площадки от 1 x 1 m (Broström et al., 2004) по методичния подход на Braun-Blanquet (1964) в периода 2012 – 2013 г. и сателитни снимки от софтуерния продукт Google Earth.

Получените данни за разпространението и покритието са дигитализирани във векторен формат с помощта на ArcGIS v.10.0 (ESRI Inc.). При изчертаването на картите са използвани: Картографска проекция UTM Zone 35 North, Земна координатна система WGS84 и Балтийската височинна система.

5.2.2. Спорово-поленов анализ и анализ на динофлагелатните цисти, акритархи и неполенови палиноморфи

5.2.2.1. Лабораторна обработка на пробите

Лабораторната обработка на изследваните материали (41 съвременни повърхностни проби (24 повърхностни почвени проби – ППП; проби от 3 поленови седиментационни уловители (капани) – ПСУ и 13 повърхностни мъхови проби – ПМП); 54 проби от Сондаж GGC-18; 35 проби от Сондаж 3 – Варненско езеро) е извършена в съответствие със стандартния ацетолизен метод на Faegri & Iversen (1989) с модификация за отстраняване на минералните компоненти с натриев пирофосфат и флуороводородна киселина (Birks & Birks, 1980). За спорово-поленов анализ са изготвени глицеринови микроскопски препарати.

5.2.2.2. Микроскопски методи. Идентификация на спорите и поленовите таксони, динофлагелатните цисти, акритархите и неполеновите палиноморфи

Изброявани са всички срещани се в пробите поленови зърна и спори, като са определени до най-ниско таксономично ниво и отнесени към определен поленов тип. Във фосилните проби са изброявани и определяни и ценобии от *Pediastrum*, динофлагелатни цисти, акритарха *Cymatiosphaera globulosa* и неполенови палиноморфи.

5.2.2.3. Статистическа обработка на данните. Поленови диаграми

Резултатите от палинологичния анализ са представени под формата на процентни спорово-поленови диаграми. Участието на всеки растителен таксон е представено в процент от поленовата сума (ΣP), в която са включени сумата от дървесни и храстови таксони (AP) и тревисти таксони (NAP) или $\Sigma P = AP + NAP = 100\%$. От тази сума са изключени локалните елементи (L) (спори от папрати, поленови зърна на водни растения и Cyperaceae), както и установените ценобии от *Pediastrum*, динофлагелатни цисти и акритархи, неполенови палиноморфи), като тяхното процентно участие (X) се изчислява по следния начин:

$$X(\%) = (\text{отчетен брой от таксона } X) / (\Sigma P) \cdot 100.$$

Статистическата обработка на получените от спорово-поленовия анализ данни и конструирането на диаграмите е извършено с помощта на софтуерния продукт TILIA 1.5.12 (Grimm, 2011), като е следван общоприетия порядък. При окончателното графично оформление са използвани софтуерните пакети CorelDRAW X5 (Corel Corporation, 2010) и Adobe Illustrator CS5 (Adobe Systems Incorporated, 2010).

5.2.2.4. Палинологично зонирание

При отделянето на поленови зони е използван метода на числовото зонирание на поленовите диаграми, с помощта на клъстърен анализ за групиране на получените палинологични данни (Birks, 1973; Birks & Birks, 2006). Математическата обработка и клъстърния анализ са проведени със софтуерния продукт CONISS (Grimm, 1987).

5.2.3. Количествени модели за палеоекологични реконструкции

5.2.3.1. Метод на съвременните аналози

При палеоклиматичните реконструкции е използван Методът на съвременните аналози (MCA) (Overpeck et al., 1985; Guiot, 1990), при който се сравнява един фосилен поленов спектър (F) със съвременен поленов спектър (M) в рамките на даден географски район, като параметрите на околната среда, свързани с най-сходната съвременна проба, могат да бъдат асоциирани към времето и мястото на фосилната проба, която се реконструира. Различието между двата спектъра се изразява чрез сумата на квадратните отклонения (SCD):

$$SCD = \sum_{i=1}^n (Fp_i^{1/2} - Mp_i^{1/2})^2$$

където SCD - коефициент на различие, изразен чрез сумата на квадратните отклонения; Fp_i – процентното участие на полена от таксона i в даден фосилен поленов спектър; Mp_i – процентното участие на полена от таксона i в даден съвременен поленов спектър.

За определянето на числовия праг на различие, над който една проба не дава добра аналогия, е използван стохастичният статистически метод „Монте Карло“, модифициран от Anderson et al., (1989) и Bartlein & Whitlock (1993) за прилагане при MCA.

При установяване на зависимостите полен-климатични фактори и полен-растителност е приложен Анализът на остатъците (Redundancy Analysis RDA) (ter Braak, 1986; ter Braak & Verdonchot, 1995), а при определянето на възможните съвременни аналози - т. нар. Анализ на „Плика“ (Envelope Analysis) изчислен чрез Стандартизирания ординационен анализ на главните компоненти (Principal Component Analysis PCA) (Chatfield & Collins, 1980; McGarigal et al., 2000). Статистическата обработка на данните и графичното представяне е осъществена със софтуерните продукти Polygon v.2.3 (Nakagawa et al., 2002) и CANOCO 4.5 (Braak & Smilauer, 2002).

5.2.3.2. Модел ERV (Extended R-value model)

Чрез модела ERV се установява линейната връзка между абсолютните стойности на полена, отлаган в седиментните басейни и пропорциите в растителността, заобикаляща басейна (Parsons & Prentice, 1981; Prentice & Parsons, 1983). Стандартната формула на модела ERV е следната:

$$Y_{ik} = \alpha_i \cdot x_{ik}$$

където Y_{ik} – отлагане на полена от таксон i в територия k ; α_i – поленовата продуктивност на таксона i ; x_{ik} – абсолютно участие на таксон i в растителността в територия k .

За да може да се оцени и изчисли и фоновото поленово натоварване и отлагане, са изведени три подмодела на модела ERV (Parsons & Prentice, 1981; Prentice & Parsons, 1983; Sugita, 1994).

$$ERV1 \quad E_{n_{ik}/n_k} = \frac{\alpha_i v_{ik}}{\sum_{j=1}^t \alpha_j v_{jk}} (1 - \sum_{j=1}^t z_j) + z_i$$

$$ERV2 \quad E_{n_{ik}/n_k} = \frac{\alpha_i v_{ik} + z_i}{\sum_{j=1}^t (\alpha_j v_{jk} + z_j)}$$

$$ERV3 \quad P_{ik} \cdot Y_{ik} = \alpha_i \cdot \psi_{ik} + z_i$$

където α_i – поленова продуктивност на таксона i ; v_{ik} – участието на таксон i в растителността в територия k ; z_i – фонов компонент; P_{ik} – участието на полена от таксон i на мястото в територия k ; Y_{ik} – общото относително поленово натоварване в територия k ; ψ_{ik} – коефициент на тежест на разстоянието на таксон i в растителността в територия k .

При определяне на поленовото разпространение и утаяване е използван Модела на Прентис-Сугита (Prentice, 1985; Prentice, 1988; Sugita, 1994):

$$\psi_{ik} \equiv \int_R^Z X_{ik}(z) \cdot g_i(z) dz \text{ и } \omega_{ik} \equiv \alpha_{ik} \int_{Z_c}^{\infty} X_{ik}(z) \cdot g_i(z) dz,$$

а за количествено определяне на утаяването на полена на повърхността на езерото – модела на Сугита (Sugita, 1998):

$$\psi_{ik} \equiv \left(\frac{1}{2} R\right) \cdot \int_R^Z X_{ik}(z) \left[\int_{z-R}^{z+R} g_i(x) dx \right] dz \text{ и } \omega_{ik} \equiv \alpha_{ik} \int_{Z_c}^{\infty} X_{ik}(z) \left[\int_{z-R}^{z+R} g_i(x) dx \right] dz$$

където $g_i(x)$ – функция, описваща количеството пренасян от въздуха полен на разстояние x от източника; R – радиус на езерото или блатото в метри; x – разстояние от източника на полен в метри; X_i – осредненото участие на вида i на разстояние z от центъра на езеро или точката на вземане на проба; z – разстояние от центъра на езеро или точката на вземане на проба; Z_c – разстояние от центъра на езеро или точката на вземане на проба, в който се отлага полена и мястото на оценка на растителността; α_i – поленова продуктивност на таксона i ; ψ_i – коефициент на тежест на разстоянието Z_c на таксон i в растителността; ω_i – участие на полена от таксон i резултат от далечен пренос извън зоната с радиус с Z_c .

5.2.3.3. Подход на Многобройните Сценарии. Графичното представяне на симулациите. „Многоклетъчен“ модел

При симулациите на екологично възможни ландшафтни реконструкции е използван Подходът на Многобройните Сценарии (ПМС), който се състои от набор от програми инкорпориращи GIS данни и цифрови модели и се основава на данни от поленения анализ (Bunting et al., 2008; Bunting & Middleton, 2009). При изчислението е използван софтуерния пакет HUMPOL v. 3.0 (Middleton & Bunting, 2004; Bunting & Middleton, 2005), основаващ се на „Многоклетъчния“ модел, преизчисляващ общото поленово натоварване за множество точки: $y_{ik} = \sum \alpha_i x_{ik}(z, \vartheta) g_i(z)$, където α_i – Оценка на поленовата продуктивност на таксона i ; $x_{ik}(z, \vartheta)$ – процентното участие на таксон i в дадена клетка, разположена на разстояние z и ъгъл ϑ спрямо точката за вземане на пробата; $g_i(z)$ – функция, изразяваща разпространението и отлагането на полена от таксон i на разстояние z от точката за вземане на пробата.

Получените ландшафтни сценарии са визуализирани графично в ArcGIS v.10.0.

5.2.4. Радиовъглеродно датиране

Извършено е AMS радиовъглеродно датиране на 18 избрани проби от морските утайки от трите литоложки единици и 7 проби от езерните утайки. Изследванията са извършени в изотопната лаборатория на Уудсхолския Океанографски Институт (САЩ).

Датировките са калибрирани с програмата Calib v.6.1.0 (Stuiver & Reimer, 1993, 2005) и кривата IntCal09 (Reimer et al., 2009), като са изградени геохронологични

модели, представляващи линейна интерполация между възрастта на датирания нива и дълбочината (Bennett, 1994).

5.2.5. Възприети стратиграфски и хронологички схеми

В настоящия дисертационен труд при интерпретацията на данните е следвана обобщената геохронологична (стратиграфска) скала на седиментите в Черно море (Невеский, 1967; Федоров, 1978). Локалните поленови комплексни зони са корелирани с алпийската климатостратиграфска подялба на Blytt (1876) – Sernander (1908), регионалната биостратиграфия по молюски на Федоров (1982б) и Шопов (1991), археологическата хронология за българската праистория на Тодорова (1986), хронологичната скала и подялба на последните 20000 години (по Roberts, 1998), регионалната поленова стратиграфия за българското черноморско крайбрежие (Филипова-Маринова, 2006), както и с геохронологичната (стратиграфска) скала на кватернера в Черно море (по Пейчев, 2004).

5.2.6. Възприета ботаническа номенклатура

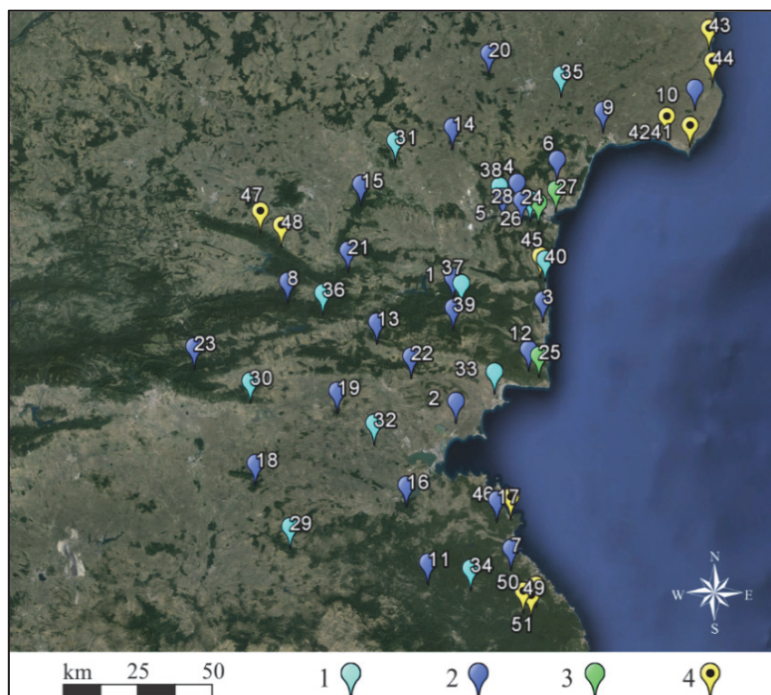
Латинските и българските имена на растителните видове са представени по Определител на висшите растения в България (Кожухаров, 1992).

6. Резултати и дискусия

6.1. Съвременни данни, валидиране и калибриране на моделите

6.1.1. Съвременни калибрационни сетове

За изготвяне на съвременни калибрационни сетове в изследвания район са събрани 40 съвременни повърхностни проби (13 съвременни повърхностни мъхови проби – ПМП, 24 съвременни почвени проби – ППП и 3 поленови седиментационни



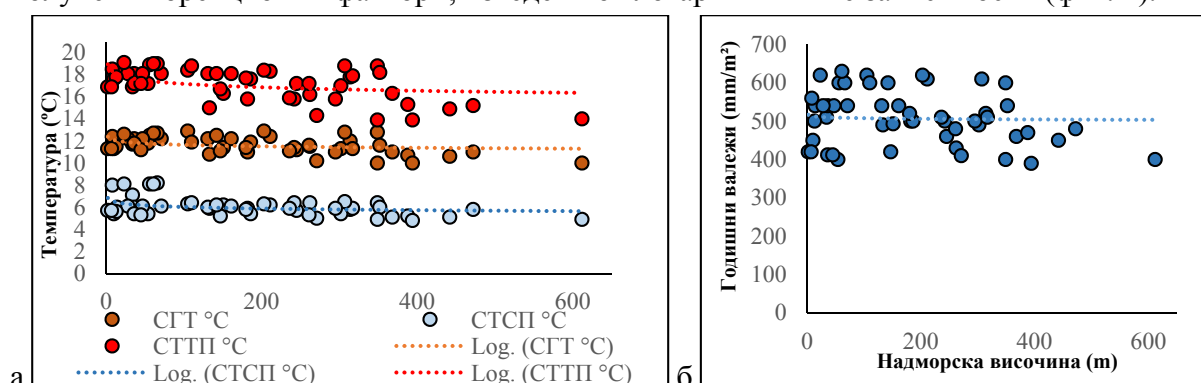
Фиг. 1. Местоположение на съвременните повърхностни проби. 1. ПМП, 2. ППП, 3. СПУ, 4. СПУ (по Филипова-Маринова, 2006).

уловители (капани) – СПУ в характерни за българското черноморско крайбрежие растителни съобщества (фиг. 1). С цел да се постигне представителност и достатъчен брой аналози, са използвани и палинологични данни от Филипова-Маринова (2006) за 11 СПУ и ПМП. С цел да се избегнат грешки, са тествани и 46 СКС от Европейската поленова банка (European Pollen Database), 6 СКС от Западен Китай (Luo et al., 2010) и 21 СКС от Франция (Peuyon et al., 1998, 2005) и 8 СКС от Czech Quaternary Palynological Database (Kuneš

et al., 2009).

При събиране на климатичните данни са взети предвид 4 основни параметъра, които са реконструирани във фосилните проби (средногодишна температура – СГТ, средна температура на студеното полугодие – СТСП, средна температура на топлото полугодие – СТПП и среднегодишна сума на валежите – СГСВ).

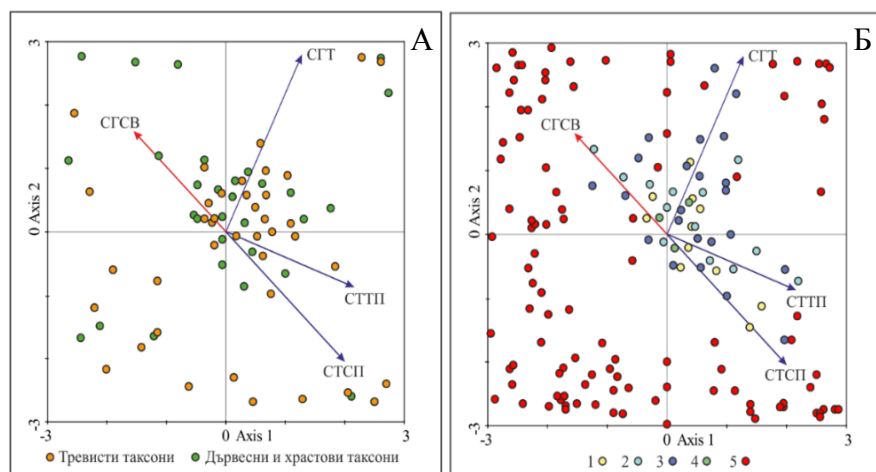
Тези данни са получени от най-близката до пробата метеорологична станция (Месечен Бюлетин на НИМХ-БАН, 2008-2013), като при по-отдалечените проби е извършена корекция на метеорологичните стойности, в зависимост от разликата в надморската височина между метеорологичната станция и опробвания терен и са получени корекционни фактори, изведени от логаритмичните зависимости (фиг. 2).



Фиг. 2. Логаритмична зависимост между надморската височина и а) термалните климатични параметри и б) сумата на годишните валежи.

Получени са следните коефициенти за 100 m надморска височина: СГТ – 0,53°C; СТСП – 0,55°C; СТПП – 0,51°C и СГСВ – 43 mm/m².

При извършеният Анализ на остатъците (RDA) за взаимовръзката между растителните таксони и климатичните параметри, от откритите при спорово-поленовия анализ 63 поленови типове, в модела бяха включени само видовете със значими коефициенти на корелация ($R > 0,30$, $p = 0,1$, $N = 65-620$). Техният брой е 43 (фиг. 3А) и процентно съотношение във всяка проба беше преизчислено до 100% (фиг. 4).

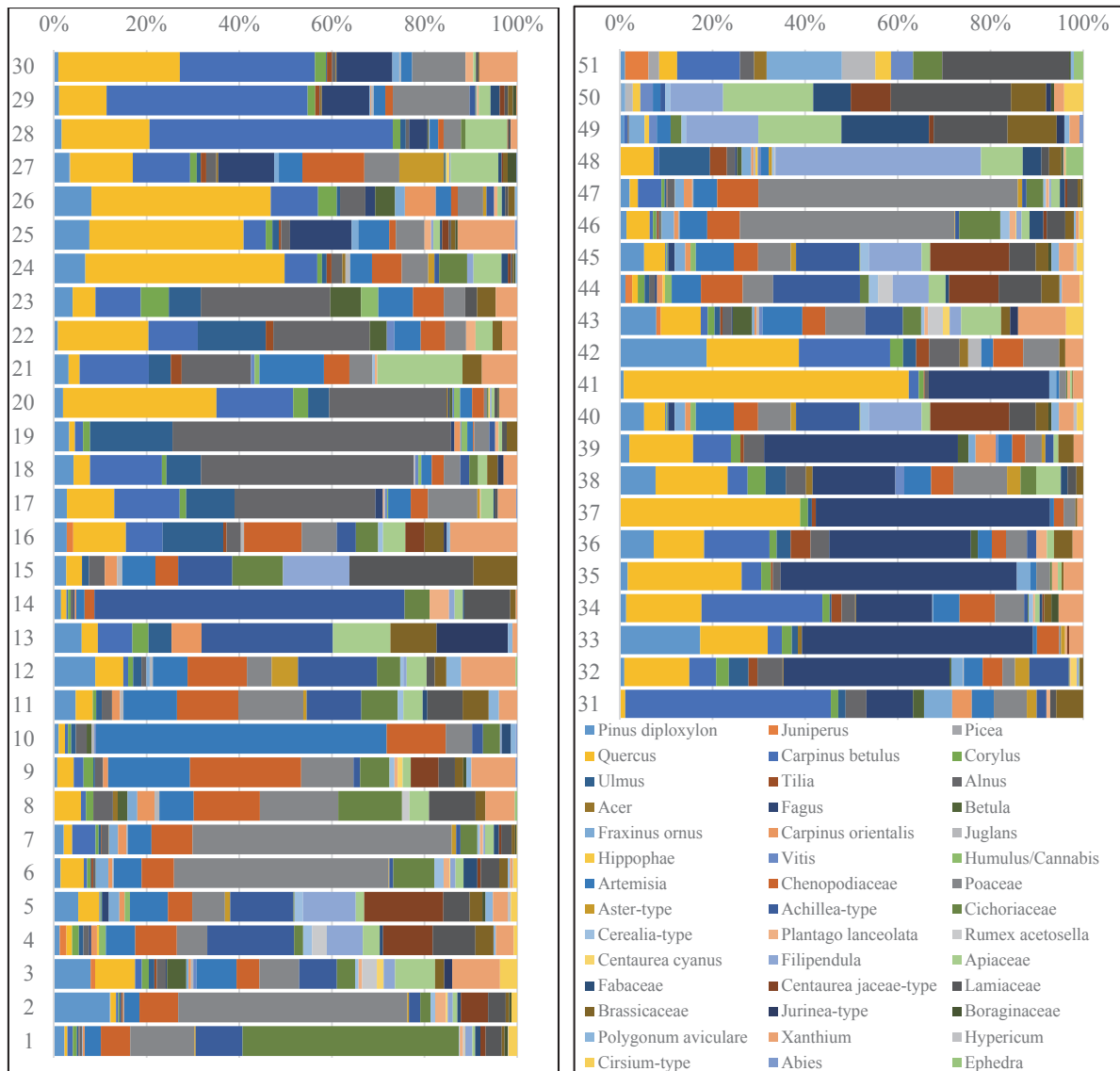


Фиг. 3. Ординационна диаграма на анализ на остатъците (RDA).

А) Биplot показващ взаимовръзката между растителните таксони и климатичните параметри. Всяка точка показва осредненото участие на поленовите типове.

Б) Биplot показващ

взаимовръзката между всеки поленов спектър и климатичните параметри. Всяка точка показва една повърхностна проба: 1. СПУ (по Филипова-Маринова, 2006), 2. ПМП, 3. ППП, 3. СПУ, 5. Поленови спектри СКС от литературни данни.



Фиг. 4. Поленови спектри от СКС.

Изследването на зависимостта между коефициентите на корелация на климатичните параметри и процентното участие на всеки тип в спектрите въз основа на анализа на остатъците, определи като представителни всичките изследвани поленови спектри от територията на България, като само 12 СКС по литературни данни извън България, бяха включени в модела (фиг. 3Б).

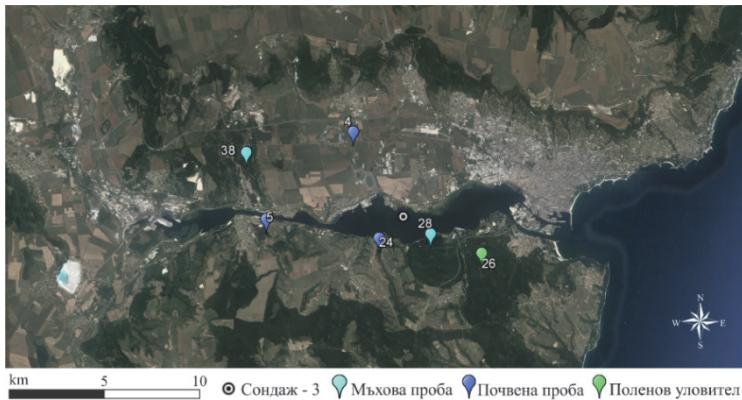
Средният числов праг на несходство (SCD), изчислен от произволно избрани двойки е $0,28 (0,3968 \pm 0,11)$.

В допълнение към базата данни на всеки калибрационен сет са прибавени данни за типа проба, географските координати и надморската височина, процентно съотношение на индикаторните видове в поленовите спектри от съвременни проби.

Тестването на модела беше осъществено чрез реконструкция на климатичните параметри на база ПППО при 19 съвременни аналози. Сравнението с реалните климатични данни показва изключителна точност на модела и много ниска грешка за четирите параметъра. Получените стойности при прилагането на относителното допустимо отклонение, показва почти идентична стойност с реалната.

6.1.2. Връзка полен-растителност

При определяне на връзката полен-растителност са използвани 6 съвременни повърхностни проби около Варненско-Белославкия езерен комплекс: 2 мъхови повърхностни проби, 3 повърхностни почвени проби и 1 седиментационен поленов уловител (фиг. 5).

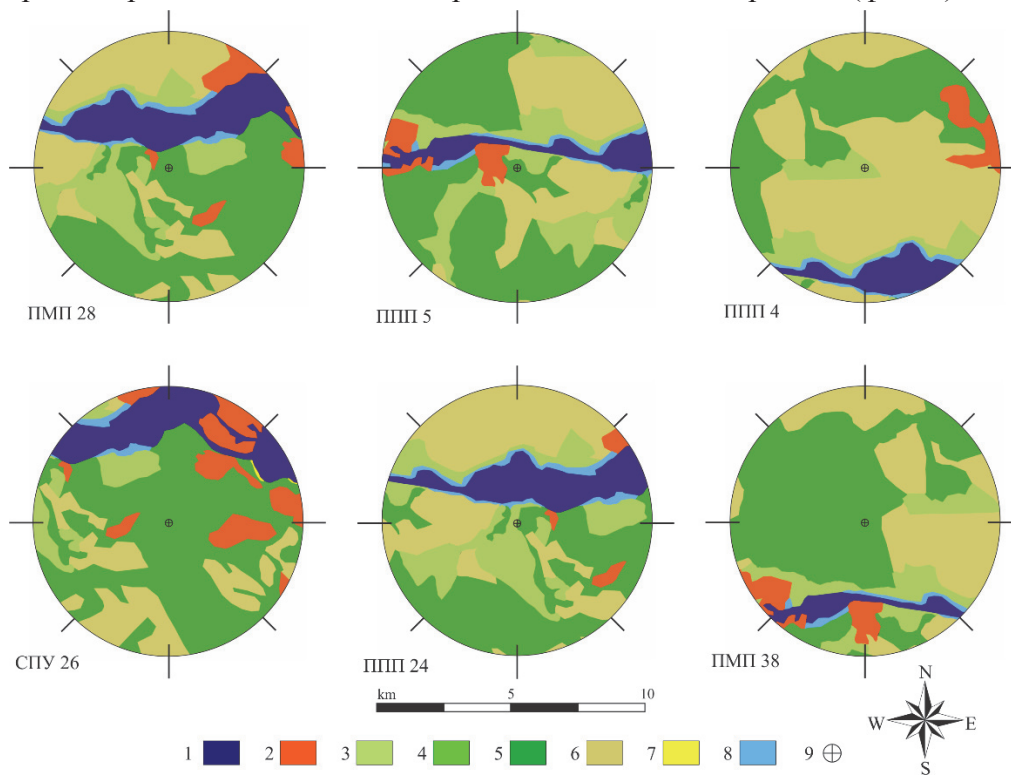


Фиг. 5. Местоположение на съвременните повърхностни проби около Варненско-Белославкия езерен комплекс

Получените данни за разпространението на растителността са дигитализирани във векторен формат с помощта на ArcGIS v.10.0.

Изчислено е процентното покритие на всеки тип растителност във всеки

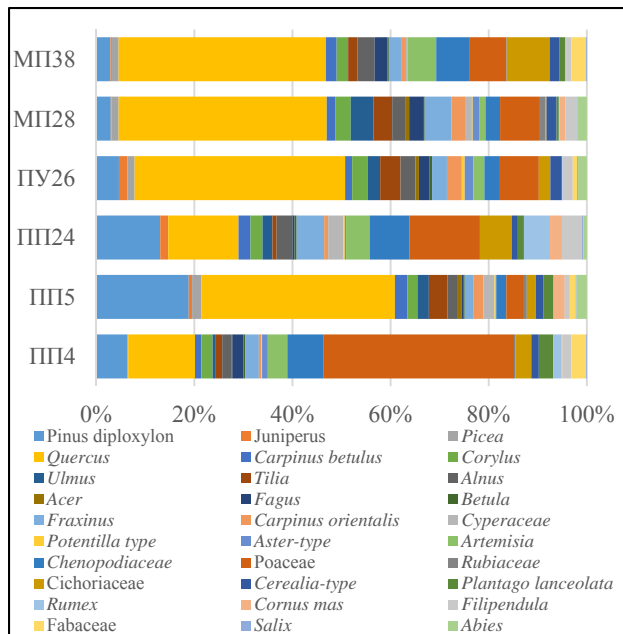
концентричен пръстен. Изготвени са карти за всяка една от пробите (фиг. 6).



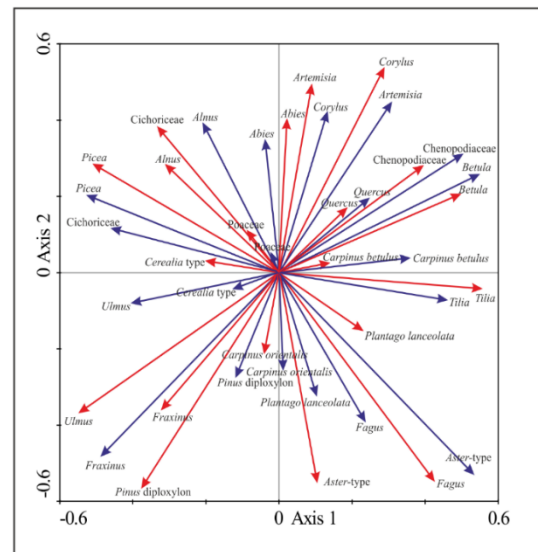
Фиг. 6. Карти на растителността около съвременните повърхностни проби
 1. Водна повърхност, 2. Урбанистични територии, 3. Пасища/тревни съобщества, 4. Лонгозни гори, 5. Смесени дъбови и габъррови гори, 6. Обработваеми площи, 7. Псамофитни съобщества, 8. Заблатени територии, 9. Точка на вземане на пробата.

При спорово-поленовия анализ на шестте съвременни повърхностни проби е отчитан броя на поленовите зърна на 30 таксона, като процентното им участие във всеки поленов спектър е преизчислено до 100% (фиг. 7).

Извършеният анализ на остатъците на пропорциите на растителността (в рамките на 5000 m от точката за вземане на пробата) и процентното участие на всеки поленов тип в поленовите спектри от шестте съвременни повърхностни проби, определи линейна зависимост между двата набора от данни (фиг. 8).



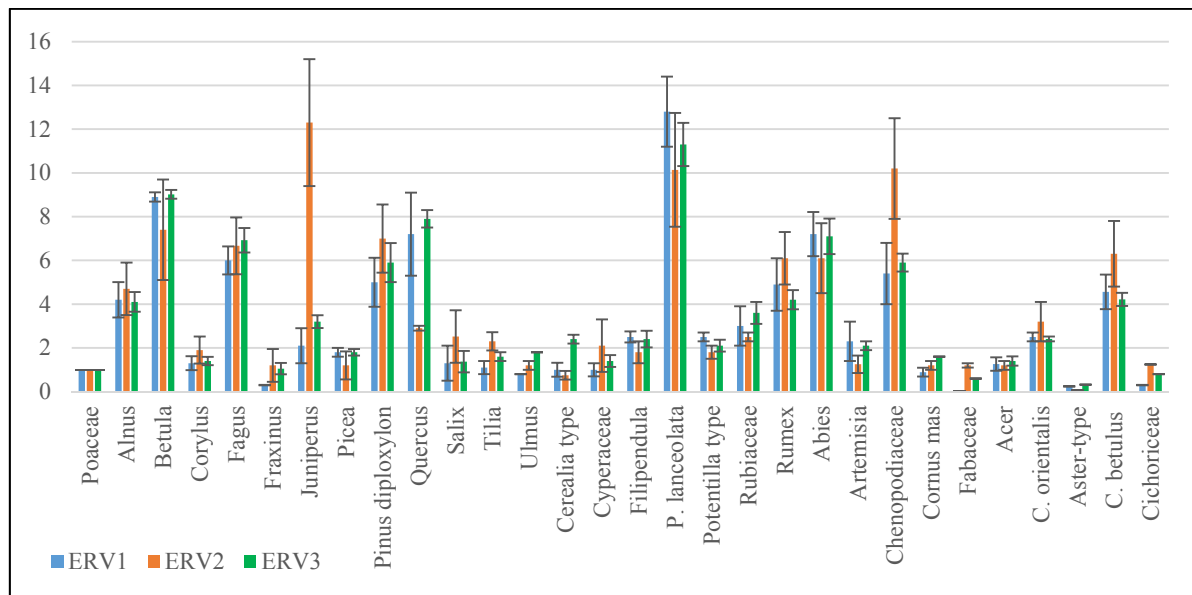
Фиг. 7. Поленови спектри на съвременните повърхностни проби



Фиг. 8. Ординационна диаграма на анализ на остатъците. Биplot на RDA на съотношението растителност-поленови данни. Сини вектори – растителност, червени – поленови данни.

Радиусът на Прилежащата зона, източник на полен (ПЗИП), е оценена чрез Подмодел 3 на 4300 m.

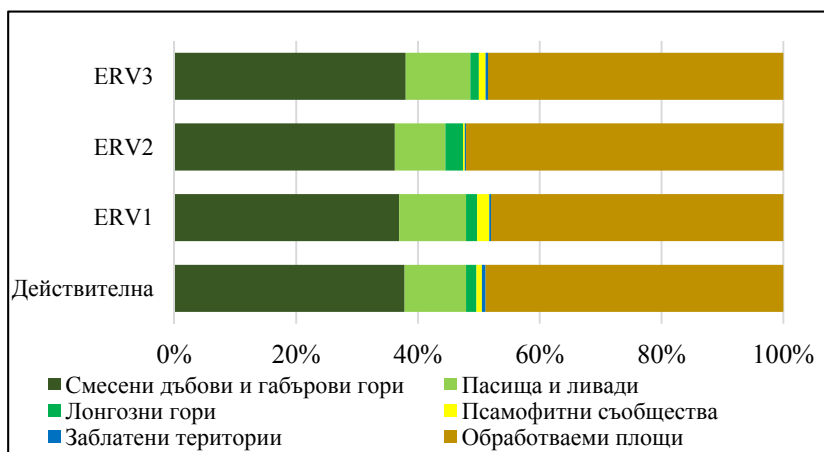
Извършена е оценка на поленовата продуктивност на 30 основни таксона (фиг. 9), използвани при реконструкциите. За референтен таксон беше избран Poaceae (ОПП 1,0 и стандартна грешка 0).



Фиг. 9. Оценка на поленовата продуктивност и допустимата грешка за 30 таксона.

Тестването и валидирането на моделите е извършено по данни от ППП 0. Преизчисленото при прилагането на трите подмодела на ERV участие на отделните

таксони в симулираната растителност е сравнено с процентното участие на отделните таксони в действителната съвременна растителност. Разминаването в процентното



Фиг. 10. Сравнение между процентното участие на типовете растителност в действителния и симулираните чрез трите подмодела на ERV ландшафти.

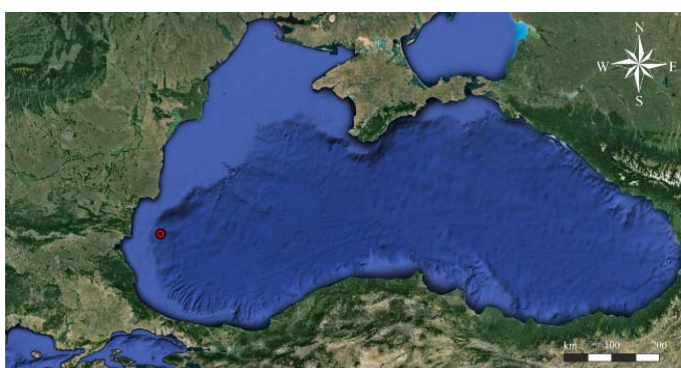
участие показва отклонение 0,02%. Сравнение бе направено и при групите съобщества (фиг. 10). Най-близки стойности до съвременната растителност показва подмодела ERV3, със съответствие от 99,6%. Именно този подмодел е избран при настоящото изследване.

Анализът на получените данни и специфичната форма на Варненско-Белославския езерен комплекс показват, че най-подходящия размер на терена за симулация е 30 x 50 km. Изготвена е симулационна мрежа, като размерите на всяка клетка са определени на 10 x 10 m.

6.3. Сондаж GGC-18

6.3.1 Литоложки състав и радиовъглеродни датировки на анализираниите седименти. Геохронологичен модел

Сондаж GGC-18 (The Giant Gravity Core-18) е прокаран през септември 2006 година в централната част на континенталния склон на Черно море (координати 42°46.569" N; 28°40.647" E), при дълбочина на водния слой 971 m (Фиг. 11).



Фиг. 11. Местоположение на Сондаж GGC-18.

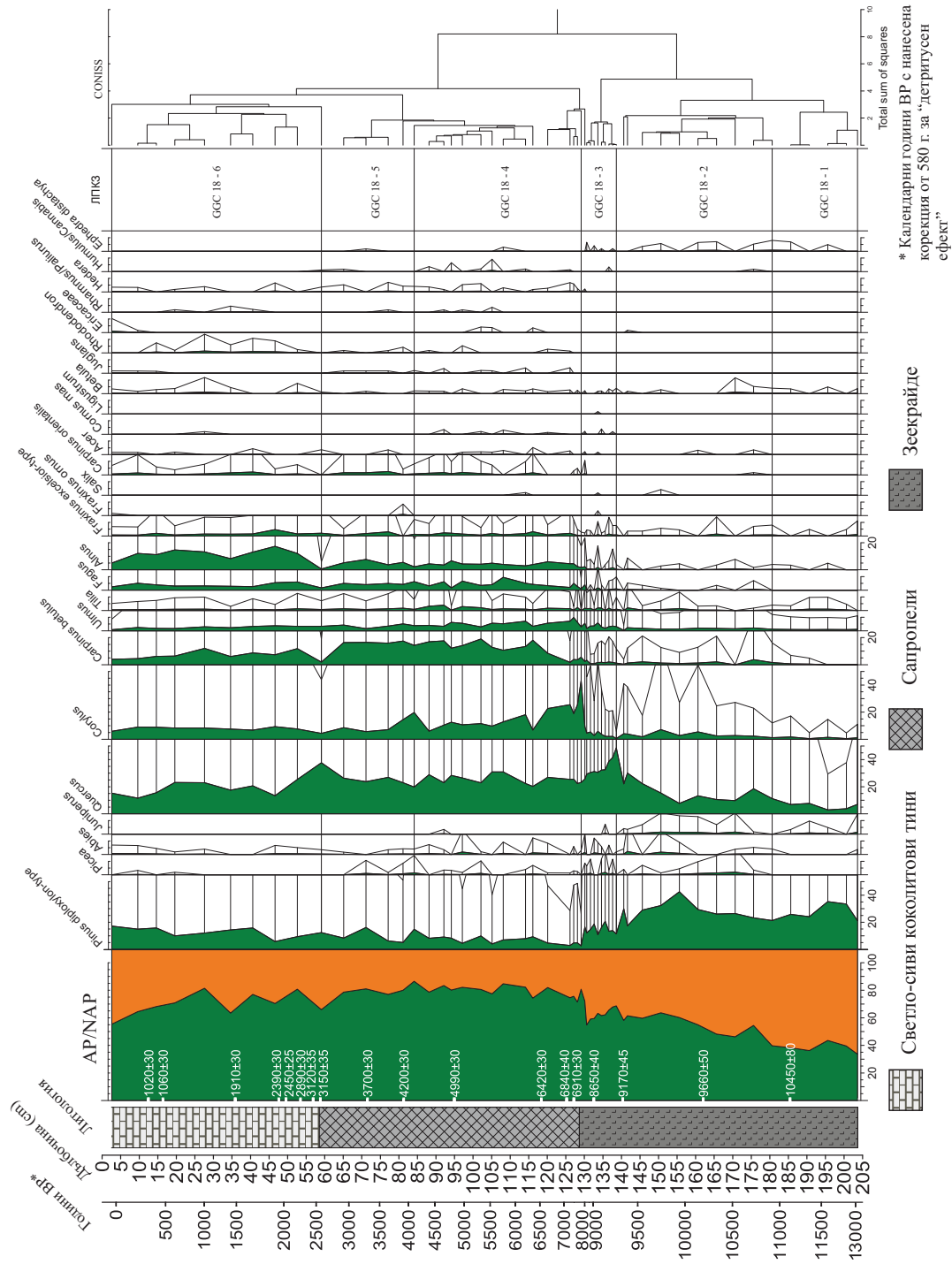
Дължината на палинологично изследвания сондажен разрез е 203,5 cm, като са преминали три литоложки единици: Слой с редуване на светло-сиви коколитови тини през 2 cm (2,5 cm – 47 cm), Типични сапропели с маслинено-сив цвят (47 cm – 117 cm), Преходен слой между литоложки единици II и III от светло-сива глина (47 cm – 117 cm)

и Зеекрайде (лютит), новоевксинска сива плътна тиня (129,5 cm – 203,5 cm).

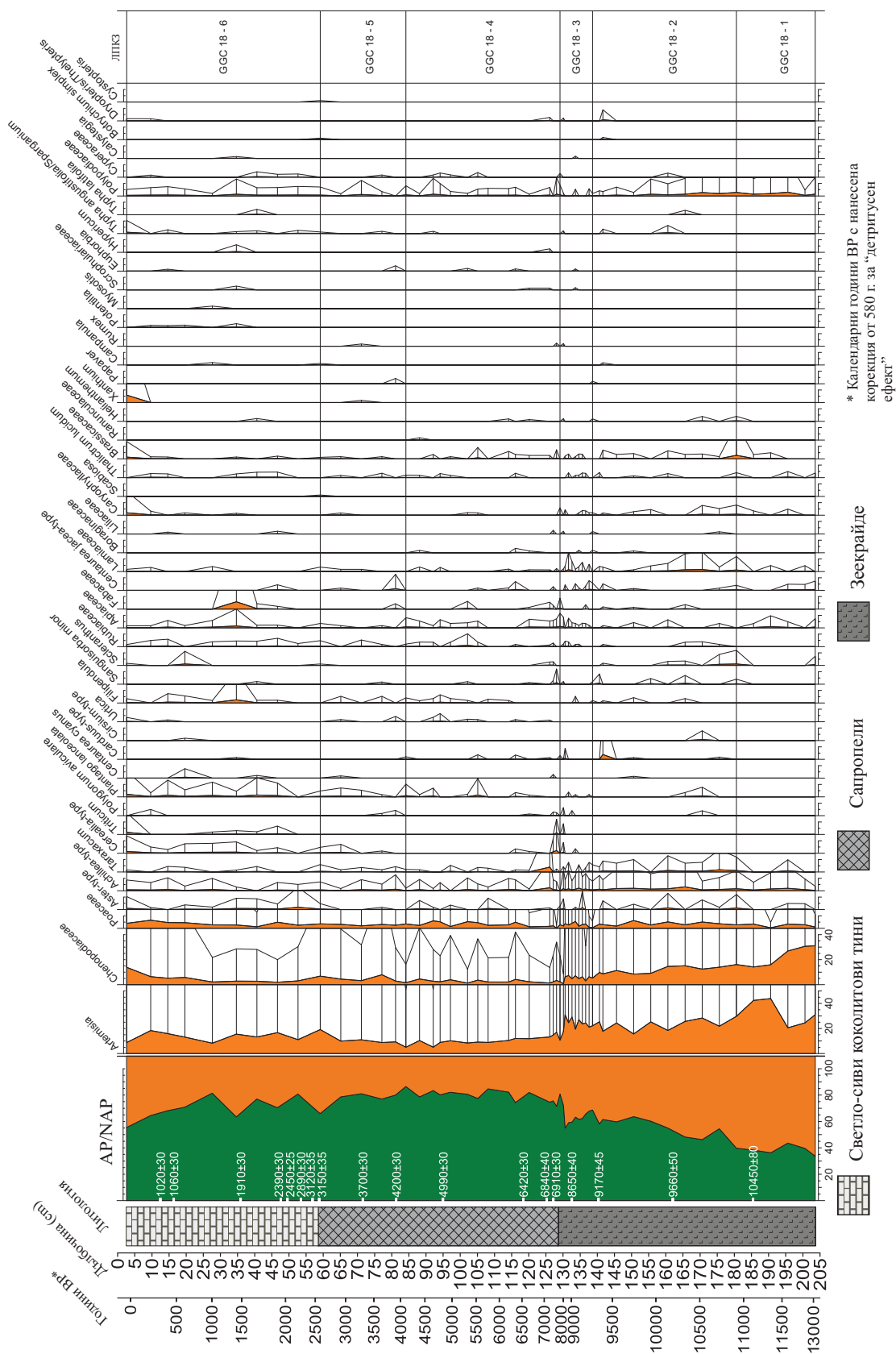
На база извършеното AMS радиовъглеродно датиране на 18 избрани проби от морските седименти от трите литоложки единици от Сондаж GGC-18 беше изграден геохронологичен (възрастов) модел, представляващ линейна интерполация между възрастта на датираните нива и дълбочината.

6.2.2. Процентна спорово-поленова диаграма от сондаж GGC-18

На базата на най-характерните изменения на процентните съотношения между основните поленови типове в поленовите спектри от сондаж GGC-18 и резултатите от клъстерния анализ CONISS, спорово-поленовата диаграма е разделена на 6 локални поленови комплексни зони (ЛПКЗ): ЛПКЗ GGC-18-1; ЛПКЗ GGC-18-2; ЛПКЗ GGC-18-3; ЛПКЗ GGC-18-4; ЛПКЗ GGC-18-5; ЛПКЗ GGC-18-6 (Фиг. 12) (Filipova-Marinova et al., 2014).



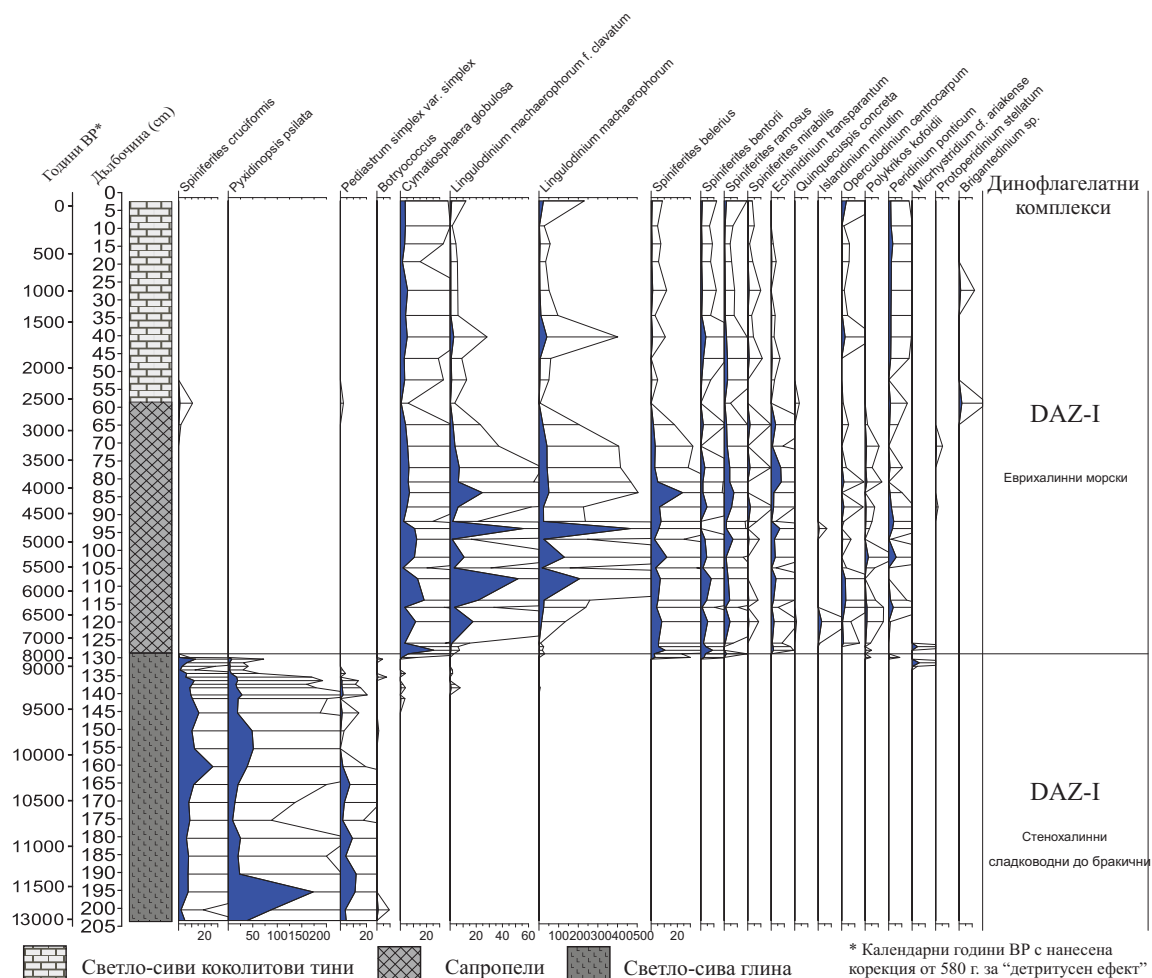
Фиг. 12. Процентна спорово-поленова диаграма от сондаж GGC-18 (Дървесни и храстови таксони). Повдигащ фактор на втората крива x10.



Фиг. 12. Продължение... (Тревисти такони). Повдигащ фактор на втората крива x10.

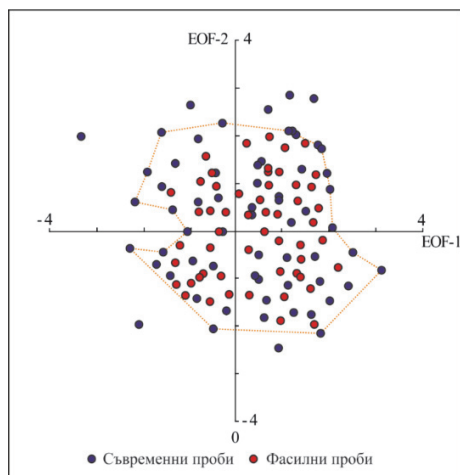
На базата на най-характерните изменения на процентните съотношения между динофлагелатните цисти и акритархите, диаграмата, отразяваща тяхното процентно

участие, е разделена и на 2 динофлагелатни комплексни зони: DAZ-I и DAZ-II (Filipova-Marinova et al., 2013a) (фиг. 13).



Фиг. 13. Динофлагелатни комплекси. Повдигащ фактор на втората крива x10.

6.2.3. Палеоклиматични реконструкции



Фиг. 14 PCA корелационен биplot на съвременни и фосилни проби.

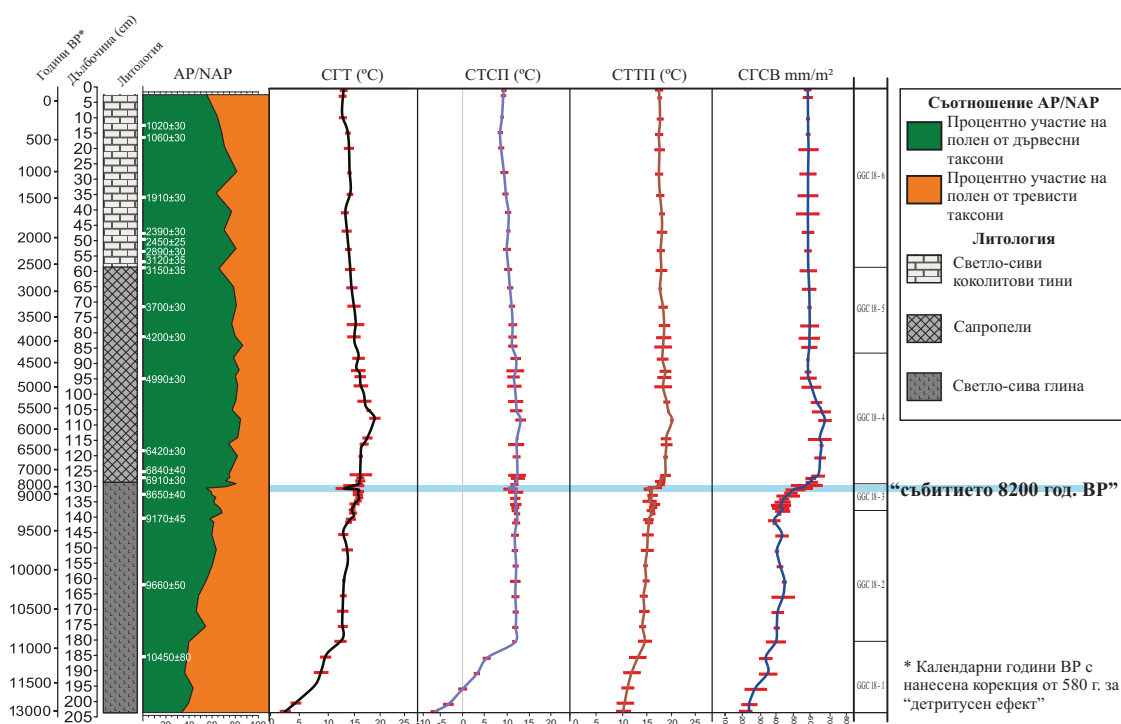
Проведените статистически анализи в Глава 6.1.1 демонстрират възможността да бъдат реконструирани определени климатични параметри: средногодишна температура (СГТ), средна температура на студеното полугодие (СТСП), средна температура на топлото полугодие (СТТП) и средногодишна сума на валежите (СГСВ). Същевременно анализът на изготвените съвременни калибрационни сетове и валидирането на модела показват относително малка грешка при интерполацията на данните.

При извършеният Стандартизиран ординационен анализ на главните компоненти (Principal Component Analysis PCA), като част от

Анализ на „Плика“ (Envelope Analysis) не бяха открити проби с под-изискуемия минимум от 8 аналогии, което дава възможност да се извърши реконструкция без прекъснати криви на параметрите и допуснати грешки.

Стандартните интерпретации на поленовите спектри от фосилните проби в сондаж GGC18 установяват шест локални поленови комплексни зони. Това зонироване е запазено и при описанието на кривите на термалните климатични параметри и средногодишните валежи, като времевите интервали на реконструкциите съвпадат с ЛПКЗ.

Извършена е реконструкция на четирите климатични параметъра, като са използвани минимум 8 аналогии за всяка фосилна проба. Получените данни бяха използвани за построяване на криви (фиг. 15). Стойностите са осреднени за шестте времеви интервали (Табл. 1).



Фиг. 15 Реконструкция на палеоклиматичните показатели

Времени интервал (год. ВР)	СГТ (°C)	СТСП (°C)	СТТП (°C)	СГСВ mm/m ²
Съвременни данни	13,2±0,7	9,2±0,6	17,8±0,7	598±23
2570 - днес	13,9±0,6	9,9±0,9	18,1±0,7	600±95
4085 – 2570	15,2±1,6	11,1±1,2	18,7±1,5	610±100
7635 – 4085	16,3±2,0	12,4±2,1	19,2±1,9	660±120
9290 – 7635	15,8±0,7	11,7±1,3	16,2±1,2	450±80
11130 – 9290	12,9±2,2	11,6±0,9	15,4±1,9	410±60
13000 – 11130	3,4±1,2	-6,3±1,4	11,7±1,7	250±40

Таблица 1. Метеорологични параметри на климата, осреднени за съответния времеви прозорец.

Времеви интервал 1/ЛПКЗ GGC-18-1 (13000 – 11130 год. ВР). През този интервал са отчетени най-ниските температури и най-малкото количество валежи от изследвания период. Тук модела реконструира и единствените отрицателни температури. Осреднената стойност на СГТ за интервала е 3,4°C, а данните варират от 1,9 до 11,2°C. Увеличение в кривата се отбелязва и при другите параметри на въздуха. Най-ниска стойност на СТСП е отчетена в началото на интервала – -7,2°C, а в края, стойността на този параметър достига 4,9°C. Кривата на СТПП показва по-плавно увеличение. Кривата на СГСВ започва от 218 mm/m² и запазва тенденцията на увеличение на стойностите до ниво 190 cm, където отбелязва максимум от 320 mm/m². Осреднените стойности на СГСВ са 250 mm/m².

Времеви интервал 2/ЛПКЗ GGC-18-2 Пребореал (11130 – 9290 год. ВР). Този интервал се характеризира с относително стабилни климатични условия. Осреднената СГТ е 12,9°C, като в края на зоната бележи леко увеличение до 13,8°C. СТПП показва средна стойност – 15,4°C, а СТСП – 11,6°C. Кривите са с минимални флуктоации. Единствено динамика се забелязва при СГСВ. Данните започват от 379 mm/m² и след увеличение до 420 намаляват до 412 mm/m². Средната стойност е 410 mm/m².

Времеви интервал 3/ЛПКЗ GGC-18-3 Бореал (9290 – 7635 год. ВР). За този период е характерен момент на рязко захлаждане на климата, известно в цяла Европа като “събитието 8200 год. ВР” (Magny et al., 2003). Наблюдава се спад в СГТ от 4,1°C, СТСП – 4,4°C и СТПП – 2,8°C. След този период следва възвръщане на стойностите и леко увеличение до края на зоната, което е най-осезателно при СТПП, която достига стойност 17,7°C. Краткото захлаждане оказва слабо влияние върху осреднените стойности и те запазват високи нива. СГСВ в този период се характеризира с динамика в стойностите от 420 до 585 mm/m² в края на зоната.

Времеви интервал 4/ЛПКЗ GGC-18-4 Атлантик (7635 – 4085 год. ВР). Този интервал е съпроводен с повишаване на температурите и валежите, които достигат най-високите си стойности (климатичен оптимум на холоцена). Реконструкцията на СГТ показва стойност 16,9±2,1°C. В този интервал е отбелязан и абсолютния максимум – 19,1°C. Другите две термални криви запазват същата динамика като показват почти еднакви стойности в началото и края на зоната. Максимуми се отбелязват на същото ниво, съответно СТСП – 13,3°C и СТПП – 20,2°C. Кривата на СГСВ показва средна стойност от 660 mm/m² с максимум 690 mm/m².

Времеви интервал 5/ЛПКЗ GGC-18-5 Суббореал (4085 – 2570 год. ВР). Кривите на термалните параметри в този интервал показват леко намаление на стойностите. Разликата в началото и края на интервала за СГТ е 1,4°C, СТСП – 1,6°C, а за СТПП е почти пренебрежима – 0,3°C. Осреднената СГТ е 15,2°C. Стойностите на СГСВ варират около 600 mm/m².

Времеви интервал 6/ЛПКЗ GGC-18-6 Субатлантик (след 2570 год. ВР). След 2500 кал. год. ВР е отбелязано понижаване на температурите, които достигат стойности близки до съвременните. Осреднената стойност на СГТ е 13,9°C, като максимумът за този интервал е 14,9°C. Стойностите на другите параметри бележат леко понижаване докато достигнат съвременните стойности. Кривата на СГСВ показва почти идентични данни – 600 mm/m².

6.2.4. Динамика на растителността и климата по данни от сондаж GGC-18

ЛПКЗ GGC-18-1. Този етап от развитието на растителността предполага рядка растителна покривка с широко разпространение на ксерофитни тревисти съобщества с доминиране на *Artemisia* и *Chenopodiaceae* и участие и на видове от *Poaceae*, *Aster-type*, *Achillea-type*, *Centaurea*, *Thalictrum*, *Apiaceae* и *Caryophyllaceae*.

Pinus, *Quercus*, *Corylus*, *Carpinus betulus*, *Ulmus*, *Tilia* и *Betula* са имали ограничено разпространение и са образували групи в изолирани влажни места в източна Стара планина.

Извършените палеоклиматични реконструкции свидетелстват, че климатичните условия се характеризират с най-ниските температури и най-малкото количество валежи от изследвания период, което се доказва и от присъствието на полен от *Juniperus* и индикатора за студен и сух климат *Ephedra distachya*.

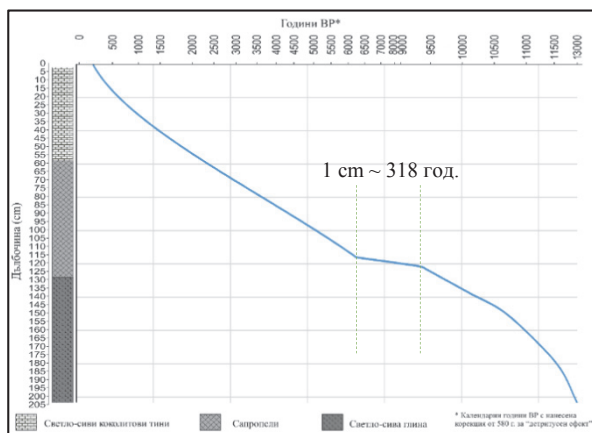
Средната температура през топлото полугодие е била с 6°C по-ниска от съвременната, докато Mudie et al. (2002), предполагат само 4°C.

ЛПКЗ GGC-18-2 (Пребореал). Тази зона се характеризира с замяната на ксерофитните тревисти съобщества от дървесни видове. Увеличението в процентното участие на дървесните таксони, главно *Quercus* и *Pinus*, започва след 9660±50 год. ВР с бърза миграция. В отворените дъбови гори са участвали и други термофилни таксони като *Ulmus*, *Tilia*, *Corylus* и *Fraxinus excelsior* (Filipova-Marinova et al., 2014).

Главна роля в тази палеосукцесия има *Quercus*, за разлика от централна и западна Европа, където *Corylus* се появява като пионерен елемент в отворените пространства преди другите мигриращи дървесни таксони (Birks & Line, 1993).

Присъствието на *Pinus* е резултат от частичен далечен пренос, но не се изключва и възможността да е формирал малки групи на по-голяма надморска височина.

ЛПКЗ GGC-18-3 (Бореал). Съотношението AP/NAP показва, че през този период дървесните съобщества са били с по-голяма плътност поради продължаващото увеличение на температурата, като е достигнат максимум в разпространението на дъбовите гори. *Carpinus betulus* все още има незначително участие само като компонент на дъбовите гори. *Corylus* продължава да се увеличава и става доста типичен за подлеса на смесените дъбови гори. Около 8174 год. ВР се наблюдава присъствие на единични



Фиг. 16. Скорост на отлагане на седиментите в сондаж GGC-18.

поленови зърна от *Ephedra distachya* и увеличение на *Artemisia*. Тази сукцесия може да се свърже със захладане на климата, известно в цяла Европа като “събитието 8200 год. ВР” (Magny et al., 2003). Това събитие се доказва и при климатичните реконструкции и се изразява с краткотраен спад в термалните криви и кривата на СГСВ.

За седиментите с тази възраст е отчетена много ниска скорост на отлагане. Всеки 1 cm е отложен за приблизително 318 год. (фиг. 16)

ЛПКЗ GGC-18-4 (Атлантик). Оптималните климатични условия (висока температура и влажност) са стимулирали широкото разпространение на смесените дъбови гори, които са станали по-гъсти, с много по-затворен склоп. Главният дървесен компонент е бил *Quercus*, но са участвали и *Ulmus*, *Corylus*, *Tilia*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior* и *Acer*. Характерно за българското черноморско крайбрежие е разширяване на разпространението на *Carpinus betulus* след 6420±30 год. ВР.

Corylus получава широко разпространение от 6910±30 до 6420±30 год. ВР, което може да бъде обяснено и с изсичането на смесените дъбови гори за разширяване на обработваемите площи и разчистване на терени за паша (Филипова-Маринова, 2006). Присъствието на единични поленови зърна от *Cerealia*-type и *Triticum* и рудерални видове като *Plantago lanceolata* и *Polygonum aviculare*, също са свързани с човешката активност през енеолита.

ЛПКЗ GGC-18-5 (Суббореал). През този период дъбовите гори доминират и са представени с по-плътни съобщества. Основна характеристика е промяната в състава на растителността. Присъствието на *Carpinus betulus* все още е постоянно, като примес в смесените дъбови гори и като самостоятелни съобщества на ограничени площи по северните склонове и по долините на реките. Намалението на *Ulmus* и *Tilia* съвпада с максималното разпространение на *Carpinus orientalis* и с увеличеното присъствие на антропогенни поленови индикатори, включително и на *Cerealia*-type през бронзовата епоха, дължащо се на човешко влияние. Присъствието на полен от *Acer* и *Fraxinus excelsior* предполага и тяхното участие в смесените дъбови гори.

ЛПКЗ GGC-18-6 (Субатлантик). Тази зона отразява историята на растителността след 3150±35 год. ВР. Характерно за динамиката на растителността е формирането на съвременните растителни съобщества по крайбрежието. В началото, в равнинните части и предпланините, смесените дъбови и габъррови гори са намалели, вероятно поради човешката дейност през желязната епоха, потвърдено от присъствието на полен от *Cerealia*-type и от антропофитите като *Plantago lanceolata*, *Polygonum aviculare*, *Carduus*-type, *Urtica* и *Filipendula*. В резултат на сукцесионно развитие, на мястото на унищожените смесени дъбови гори върху ерозиралите терени, са се формирали ценози, главно на *Carpinus orientalis*. Отбелязва се и увеличение на *Fagus* и *Alnus* в резултат на увеличение на влажността и застудяването на климата.

6.2.5. Динофлагелатни комплексни зони

Установени са два динофлагелатни комплекса. Първият (DAZ-I) е доминиран от стенохалинните сладководни до бракични видове *Spiniferites cruciformis* и *Pixidinopsis psilata*, а вторият (DAZ-II) - от еврихалинните средиземноморски видове *Lingulodinium machaerophorum*, *Spiniferites belerius*, *Spiniferites bentorii*, *Operculodinium centrocarpum* и акритарха *Cymatiosphaera globulosa*. Тази промяна в състава на динофлагелатните комплекси свидетелства за промяна в солеността на повърхностните морски води от ниска, по-малка от 7 ‰, до съвременните нива след 7864 год. ВР.

Необичайното присъствие на *Spiniferites cruciformis* на границата на литоложките единици II и I (около 3150 ± 35 год. ВР) съвпада с климатичните промени, отбелязани с преминаването от сравнително сухия и топъл Суббореал, към сравнително по-хладния и влажен Субатлантик (2639 кал. год. ВР).

6.3. СОНДАЖ 3 – ВАРНЕНСКО ЕЗЕРО

6.3.1 Литоложки състав и радиовъглеродни датировки на анализираните седименти. Геохронологичен модел. Описание на молюсковата фауна

Сондаж 3 е прокаран в северната част на Варненското езеро в района на Кея „Трансстрой“ (43°11'40.11"N, 27°48'38.87"E) (фиг. 17) при дълбочина на водния слой 6 m. Дължината на сондажния разрез е 995 cm и включва следните литоложки единици:



бежово-сиви глини (80 – 0 cm), сиви фини глини (20 – 80 cm), бежово-сиви глини (300 – 120 cm), пясъчливо-глинест слой (330 – 300 cm), ламинирани глини (660 – 330 cm), слой от молюскови черупки (850 – 660 cm), кафинекаво-сива глина (995 – 850 cm). Палинологично изследваната дължина на ядката е 870 cm.

Фиг. 17. Местоположение на Сондаж 3

На база извършеното AMS радиовъглеродно датиране на 5 избрани проби от езерните утайки и 2 проби от молюски е изграден геохронологичен (възрастов) модел.

Молюсковият слой (850 – 660 cm) се състои от натрошени и цели черупки от типичния молюсков комплекс от полихалинния вид *Mytilus galloprovincialis* и *Cerastoderma exiguum* (Gmelin) и е датиран на 7776 – 6183 год. ВР.

6.3.2. Процентна спорово-поленова диаграма от Сондаж 3 – Варненско езеро

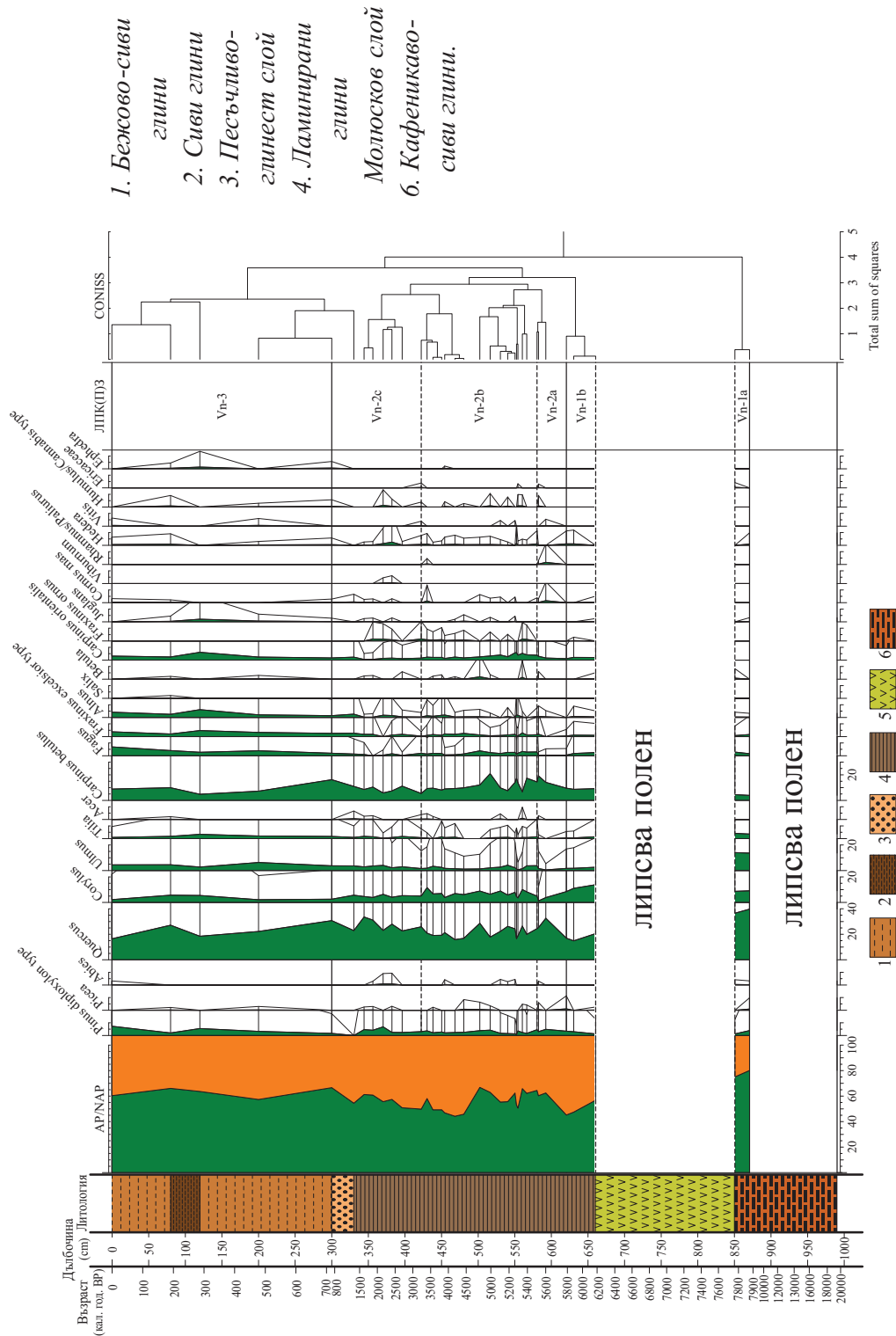
В резултат на проведените палинологични изследвания на 35 проби от сондаж 3 са установени 117 поленови типове, от които 25 – дървесни и храстови, 42 – тревисти, 17 – водни, 7 водорасли (включително 4 динофлагелатни цисти), 3 акритарха и 23 неполенови палиноморфи (включително 15 гъбни).

На базата на най-характерните изменения на процентните съотношения между основните поленови типове в поленовите спектри и резултатите от клъстърния анализ CONISS, са отделени 3 ЛПКЗ: ЛПКЗ Vn-1, ЛПКЗ Vn-2 и ЛПКЗ Vn-3. За по-добрата диференциация и интерпретация, зоните Vn-1 и Vn-2 са разделени на локални поленови комплексни подзони (ЛПКПЗ), съответно ЛПКПЗ Vn-1a, ЛПКПЗ Vn-1b, ЛПКПЗ Vn-2a, ЛПКПЗ Vn-2b и ЛПКПЗ Vn-2c (фиг. 18).

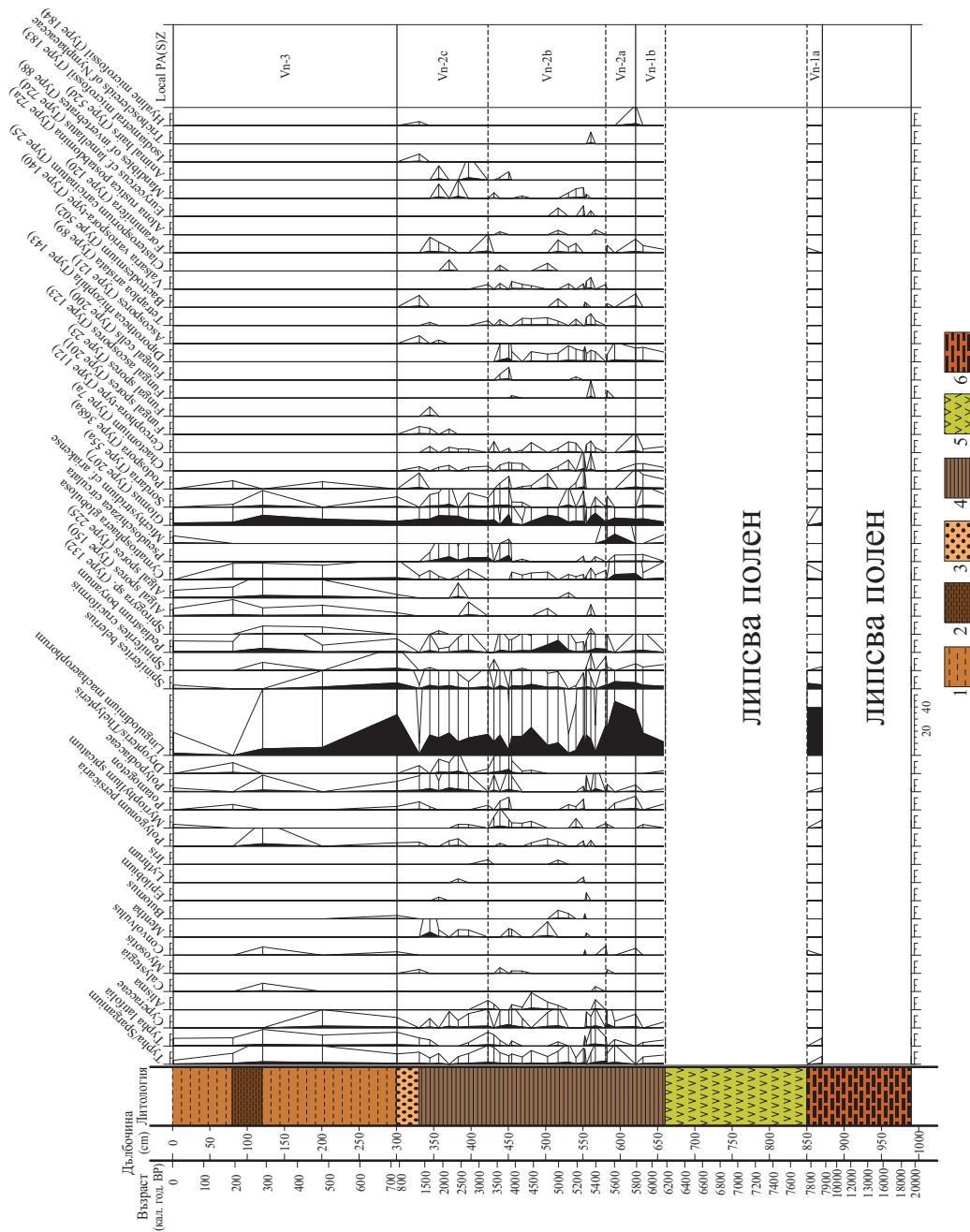
6.3.3. Развитие на растителността и климатични промени по данни от Сондаж – 3 Варненско езеро

ЛПКПЗ Vn-1a (Ранен атлантик). Палинологичният запис започва от 7870 год. ВР и се характеризира с високи стойности на полен от дървесни таксони. Това предполага широко разпространение на гъсти смесени дъбови гори с доминиране на *Quercus* и изобилие от други термофилни видове като *Ulmus*, *Corylus*, *Tilia*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior* и *Fagus*, които вероятно са заемали най-добрите почви в района около Варненското езеро, както и в съседните Момино и Франгенско плата. Наличието на индикаторни видове като *Hedera* и извършените палеоклиматични реконструкции, свидетелстват за висока влажност и температура. Ниските процентни стойности на иглолистните *Pinus diploxylon*-type, *Abies* и *Picea* са резултат от далечен пренос.

Образуването на езерото е започнало след 7076 ± 109 год. ВР (7870 год. ВР), в резултат на издигане на нивото на Черно море по време на първата фаза на Витязевската Черноморска трансгресия (Cheraluga, 2002), при което долината на р. Провадийска е била удавена и превърната в лиман, свързан с морето. Това се доказва от високите процентни стойности на еврихалинните морски динофлагелати *Lingulodinium*



Фиг. 18. Спорово-поленова диаграма от сондаж 3 – Варненско езеро (Дървесни и храстови таксони). Повдигащ фактор на втората крива x10.



Фиг. 18. Продължение (полен и спори на хигро- и хидрофити, динофлагелатни цисти, акритархи и НПП). Повдигащ фактор на втора крива x 10.

machaerophorum и *Spiniferites belemnites*, както и акритархите *Cymatiosphaera globulosa*.

Отлагането на моллюсков черупков слой основно от *Mytilus galloprovincialis* над кафинекаво-сивата глина настъпва след период от около 99 год. след 7776 год. ВР по време на втората фаза на Витязевската Черноморска трансгресия.

ЛПКПЗ Vn-1b (Късен атлантик). Отбелязват се по-ниски процентни стойности на дървесните таксони, а след около 6139 год. ВР и формирането на отворени гори с голямо изобилие на *Corylus*. Увеличените стойности на *Corylus*, заедно с намалението на *Quercus* и *Ulmus*, също отразяват изсичане на горите и разширяване на обработваемите площи, което води до деградиране на горите и появата на *Carpinus orientalis* и *Fraxinus ornus*.

Ниските процентни стойности на цисти от морските динофлагелати *Lingulodinium machaerophorum*, както и присъствието на ценобии на *Pediastrum boryanum* и на полен от хидрофитите *Myriophyllum spicatum* и *Potamogeton* индикират бракични условия и плитък открит басейн с относително еутрофни води.

ЛПКПЗ Vn-2a. Отбелязва се разширение на площите заети от смесените дъбови и габъррови гори, характеризиращи се със значително увеличение на *Carpinus betulus*, който образува също така и изолирани монодоминантни съобщества. Участието на *Quercus* намалява след около 5821 год. ВР.

Приток на морски води и увеличаване на солеността на бракичното езеро след около 5598 год. ВР се отбелязва от максималните стойности на динофлагелатни цисти *Lingulodinium machaerophorum* и *Spiniferites belerius*, акритархите *Cymatiosphaera globulosa* и *Micrhystridium* cf. *ariakense*, както и фораминифери (Тип 120). Вероятно морското ниво се издига и повлиява района на Варненското езеро по време на първата фаза на Каламитската Черноморска трансгресия (Cheralyga, 2002), което подкрепя предположението, че селищата в близост до Варненското езеро са били изоставени.

ЛПКПЗ Vn-2b. Отбелязва се намаление на дървесната растителност и разширяване на площите, заети от културни житни и антропофити след Преходния период. Засиленото човешко въздействие води до деградация на смесените дъбови гори, което се доказва от намалението на АР основно на *Quercus* и постоянното присъствие на *Carpinus orientalis*.

Наличието на някои неполенови палиноморфи, като спори на водорасли (Algal spores Тип 150 и 225), *Valsaria variospora*-type (Тип 140) и *Diplothea rhizophora* (Тип 144) и клетки и спори от гъби (Fungal cells Тип 200 и Fungal ascospores Тип 123), свидетелства за еутрофни условия и плитки открити води.

ЛПКПЗ Vn-2c (края на суббореал и началото на субатлантик). Смесените дъбови и габъррови гори все още доминират, като се наблюдава увеличение на *Ulmus*, заедно с увеличението на *Hedera*.

Максималните стойности на акритархите *Pseudoschizaea circulata*, съвпада с постоянното присъствие на цисти от морските динофлагелати *Lingulodinium machaerophorum* и *Spiniferites belerius* и акритархите *Cymatiosphaera globulosa*, както и с толерантните към бракични условия *Typha/Sparganium*, *Typha latifolia*, Cyperaceae, *Potamogeton* и *Myriophyllum spicatum*.

ЛПКЗ Vn-3 (субатлантик). Характерно е формирането на съвременните растителни съобщества по крайбрежието. Отбелязва се намаление в териториите, заети от смесени дъбови и габъррови гори, като *Carpinus orientalis* разширява разпространението си в районите, освободени след деградацията им. Увеличението на *Alnus*, *Ulmus*, *Fraxinus excelsior* и *Fagus* се дължи на увеличението на влажността и захлаждането на климата. Това е свързано с формирането на заливните гори по поречията на реките, вливащи се в Черно море.

6.3.4. Палеофлористични реконструкции

Извършени са симулации за 8 времеви прозореца с размер на терена 30 x 50 km, като поленовото натоварване беше изчислено за симулационна мрежа с размер на отделната клетката – 10 x 10 m.

Предвид липсата на точни данни за палеобреговите линии на Варненско-Белославския езерен комплекс, при реконструкциите са използвани данните за съвременната водна повърхност. Проведеният геопространствен анализ показва, че

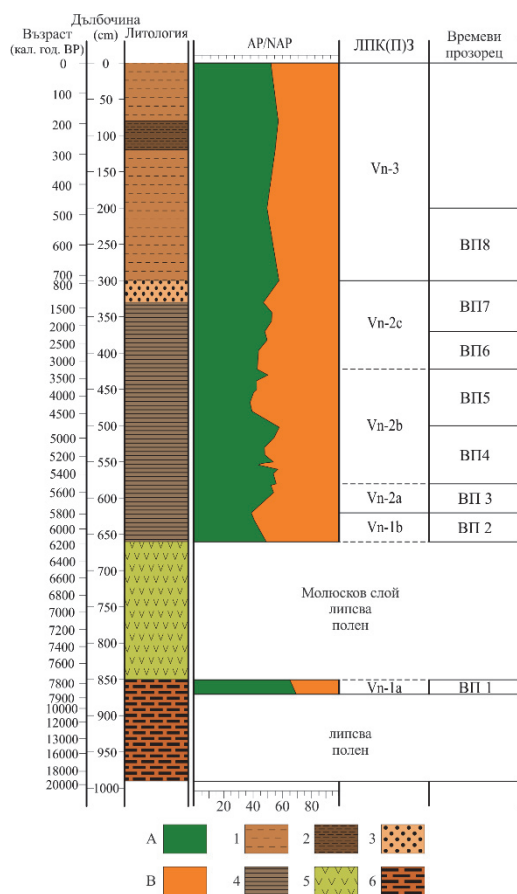
продуциращата полен територия съставлява 91,2% от общата изследвана площ или 1368 km².

Направеният анализ след прилагането на трите подмодела на ERV ясно разграничава осем основни времеви интервала (фиг. 19), съответстващи на промените в развитието на растителността и изменението на ландшафтите.

Изготвени са карти за всеки времеви прозорец (фиг. 20). Представените данни са за процентно покритие от продуциращата полен територия (Табл. 2).

Времеви прозорец 1 (7870 – 7781 год. BP). Участието на малко на брой таксони в симулациите за този времеви прозорец закономерно доведе до малък брой възможни сценарии – 62. За матрица е избрано съобществото смесени дъбови гори, т. като след прилагането на модела ERV то заема 87,9%. Малки пространства около Варненското езеро са заети от заблатени територии – 1,7%.

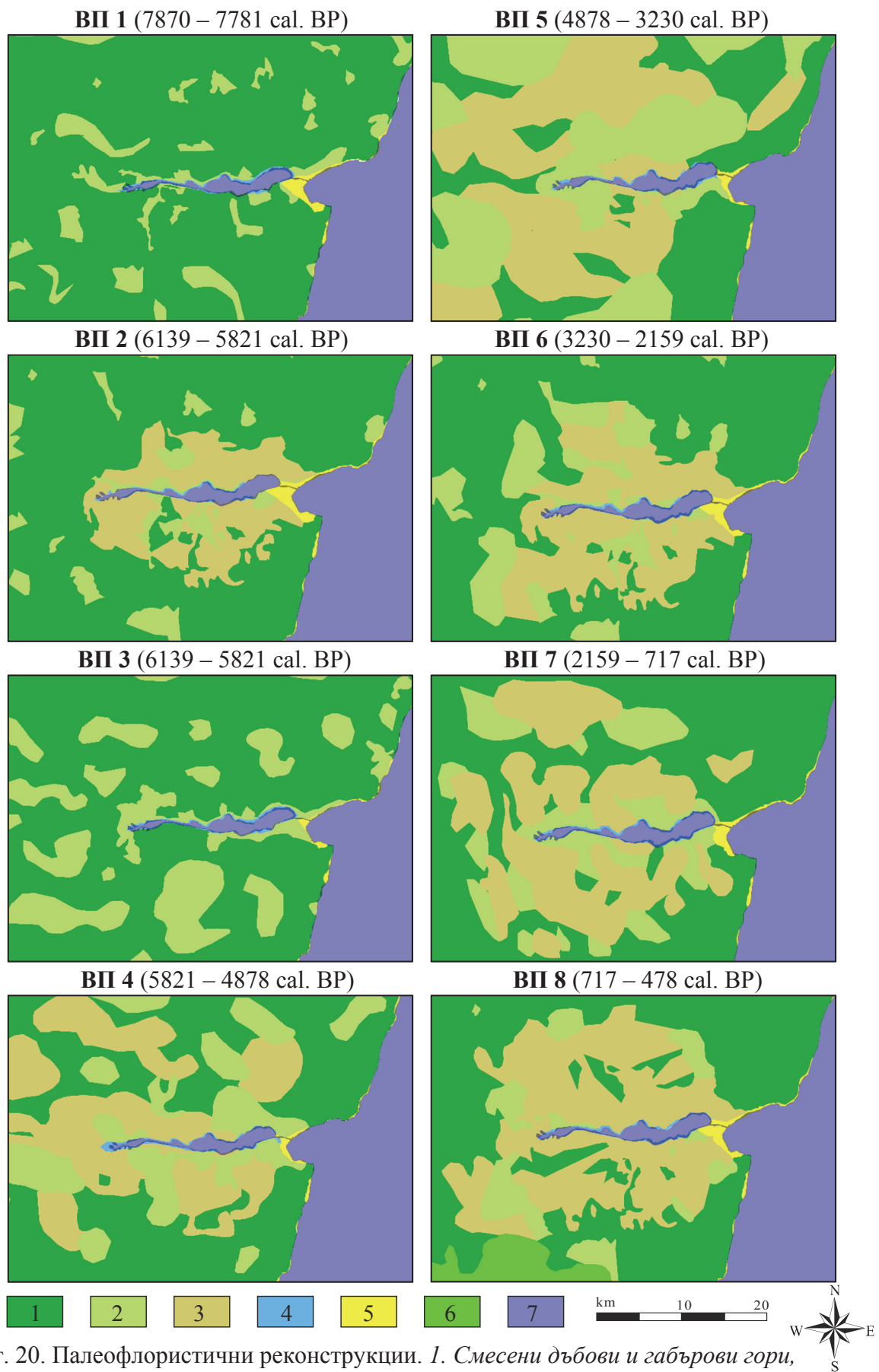
Обработваемите площи са изключени от симулацията поради липса на доказателства за човешко присъствие и отсъствието на поленови типове на културни житни и антропофити.



Фиг. 19. Времеви прозорци
 А. Дървесни и храстови таксони,
 В. Тревисти таксони;
 1. Бежово-сиви глинни, 2. Сиви глинни, 3. Песъчливо-глинест слой, 4. Ламинирани глинни, 5. Молюсков слой, 6. Кафеникаво-сиви глинни.

	Смесени дъбови и габъррови гори	Тревисти площи/ Пасища	Лонгозни гори	Обработваемы площи	Заблатени територии	Псамофитни съобщества
ВП 1	87,9	8,2	0	0	1,7	2,2
ВП 2	45,8	12,4	0	39,4	1,5	0,9
ВП 3	69,1	27,9	0	0	1,6	1,4
ВП 4	49,6	17,4	0	29,3	3,1	0,6
ВП 5	45,3	20,4	0	31,6	2,0	0,7
ВП 6	47,5	18,3	0	31,4	1,7	1,1
ВП 7	48,7	19,3	0,4	28,7	1,9	1,0
ВП 8	44,9	17,6	1,3	33,6	1,4	1,2

Таблица 2. Процентно покритие от продуциращата полен територия на отделните съобщества.



Фиг. 20. Палеофлористични реконструкции. 1. Смесени дъбови и габъррови гори, 2. Пасища/тревни съобщества, 3. Обработваеми площи, 4. Заблатени територии, 5. Псамофитни съобщества, 6. Лонгозни гори, 7. Водна повърхност.

Времеви прозорец 2 (6139 – 5821 год. ВР). Извършената симулация за този времеви прозорец изведе 14 възможни ландшафтни сценарии. Отбелязва се намаляване на площите заети от смесени дъбови гори - 45,8%. Изключвайки заблатените терени (1,5%) и псамофитни съобщества (0,9%), площите, заети от пасища и обработваеми площи, съставляват 51,8%.

Поленовите сигнали от индикаторните видове за обработваеми площи и пасища показват, че те са били разположени непосредствено до езерото.

Времеви прозорец 3 (6139 – 5821 год. ВР). Седемдесет и три процента от опитите за симулации в този район дават грешка, поради липсата на поленови сигнали от антропофити. Само 16 са възможните сценарии за разпределение на растителността. Интуитивното интерпретиране на поленовото отброяване показва отсъствие на човешко влияние в този район, което се потвърждава и след прилагането на модела ERV. Със сигурност може да се твърди, че земеделие и скотовъдство не е било практикувано в зоната в радиус от 4,3 km около езерото и 97,3% сигурност за неговата липса в зоната на далечен пренос от 15 km.

Процентното съотношение на териториите заети от гори и тревни съобщества е 69,1% към 27,9%.

Времеви прозорец 4 (5821 – 4878 год. ВР). Възможните сценарии за този времеви прозорец са значително на брой – 137, но всичките спазват една и съща тенденция в разпространението на растителността. Симулираните данни от модела предполагат по-малко участие на смесените дъбови гори (51,2%), отколкото показват данните от поленовите спектри. Обработваемите площи са били разположени в близост до езерото и са заемали 29,3%. Заблатените терени са широко представени, което доказва твърдението, че почвата около езерото е била овлажнена.

Времеви прозорец 5 (4878 – 3230 год. ВР). Броят на възможните сценарии за този времеви прозорец е по-малък в сравнение с предходния – 41, но те показват големи различия по отношение на разпределението. Това се дължи на факта, че горските съобщества заемат само 45,3% от общата площ и при симулациите няма ясно изразено преобладаващо съобщество за задаване като матрица. Наблюдава се ясно увеличение на тревистите площи и пасищата (20,4%), в сравнение с предходния интервал. Същата тенденция се наблюдава и при обработваемите площи.

Времеви прозорец 6 (3230 – 2159 год. ВР). Възможните сценарии в този интервал са 21. След прилагането на модела ERV, площите, заети от гори са 47,5%. Площите, заети от тревисти съобщества, тези ползвани за пасища и за земеделие намаляват до 18,3% и 31,4%, за сметка на лекото увеличение на горите. Интензивната човешка дейност е в непосредствена близост до бреговете на езерото. Наблюдава се леко увеличение на псамофитните съобщества за сметка на влажните територии.

Времеви прозорец 7 (2159 – 717 год. ВР). Само 12 от сценариите бяха определени като възможни и тенденцията, която следват е, че тревните съобщества и пасищата заемат територията в непосредствена близост до езерото и съставляват 19,3% от общата площ. Обработваемите площи бележат спад – 28,7% и заемат по-отдалечени територии. Площите, заети от гори бележат увеличение (49,1%). Отбелязват се първите поленови сигнали за наличието на лонгозни гори - 0,4%.

Времеви прозорец 8 (717 – 478 год. ВР). За този времеви прозорец бяха извършени общо 118 симулации. Отбелязва се намаление на сумарното участие на териториите, заети от гори. Поленовите сигнали за наличието на лонгозни гори се увеличават в сравнение с предходния времеви прозорец и достигат 1,3%. Обработваемите площи се увеличават до 33,6%, а лек спад се наблюдава при тревистите площи и пасищата (17,6%).

6.3.5. Реконструкция на продължителността и характера на човешкото влияние, въз основа на спорово-поленовия анализ от Сондаж 3 - Варненско езеро

ЛПКПЗ Vn-1a. Липсва антропогенна дейност през неолита около Варненското езеро. Това се доказва от липсата на индикатори за човешка дейност и на спори от гъби, обитаващи тор. Откритите единични поленови зърна от *Triticum* вероятно принадлежат на диворастящия вид *Triticum boeoticum* Boiss.

ЛПКПЗ Vn-1b. Тази зона може да бъде отнесена към късния енеолит. Човешкото въздействие се изразява основно в изсичането на гори и разширяване на обработваемите площи, което се доказва от повишените стойности на *Corylus* едновременно с намалението на *Quercus* и *Ulmus*. Липсата на овъглени микрочастици и спори от гъби от р. *Neurospora* (Тип 55) показват, че дъбовите гори са били подложени на изсичане.

Интуитивните интерпретации и извършените реконструкции показват добре развито земеделие, формиране на пасища и развитие на животновъдството по време на съществуването на късноенеолитни селища в района на Варненското езеро. Реконструкцията на растителността отразява по-значително антропогенно въздействие в сравнение с процентното представяне на културните житни в поленовите диаграми.

Ниските процентни стойности на цисти от морските динофлагелати *Lingulodinium machaerophorum*, присъствието на ценобии на *Pediastrum boryanum* и на полен от хидрофитите *Myriophyllum spicatum* и *Potamogeton* показват бракични условия и плитък открит басейн с относително еутрофни води, като почвите около Варненското езеро са били влажни, богати на хумус и подходящи за отглеждане на културни растения по време на обитаване на района.

ЛПКПЗ Vn-2a. Тази зона съответства на Преходния период на северното черноморско крайбрежие (Постенеолит или Протобронз). Според Тодорова (1986), енеолитните култури в североизточната част на Балканския полуостров са прекъснали развитието си около 4200 год. ВС, поради екологична катастрофа, причинена от високите годишни температури по време на кулминацията на климатичния оптимум. Това се доказва от липсата на индикатори за човешка дейност в близост до езерото и увеличаване на солеността на езерото, маркирана с максимално присъствие на цисти от еврихалинни морски динфлагелати и акритархи, поради издигане нивото на Черно море след около 5821 год. ВР по време на първата фаза на Каламитската трансгресия. Продължителността на този културен хиатус е 319 години според изградения геохронологичен модел.

ЛПКПЗ Vn-2b. Характерно е намалението на площите, заети от смесени дъбови гори и разширяване на обработваемите площи. Това е резултат от засилено човешко въздействие и е свързано с деградацията на горите. Увеличението на вторичните

антропогенни индикатори като *Polygonum aviculare*, *Plantago lanceolata*, *Filipendula*, Cichoriaceae и *Centaurea jacea*-type и на НПП (спори от гъби, обитаващи тор) като *Cercophora* (Тип 112), *Sordaria* (Тип 55a), *Podospora* (Тип 368a) и *Chaetomium* (Тип 7a), предполагат отглеждане на домашни животни в близост до езерото и разширяване на поляните и пасищата.

Увеличението на локалните елементи (*Typha/Sparganium*, *Typha latifolia*, Cyperaceae, *Alisma*, *Potamogeton*, *Myriophyllum spicatum* и *Polygonum persicaria*) и намалението на динофлагелатните цисти *Lingulodinium machaerophorum* и акритархите *Cymatiosphaera globulosa* показва, че след Преходния период нивото на Черно море започва да намалява и районът около Варненското езеро става обитаем отново. Почвата е била влажна и обитателите са се нуждаели от дървени платформи при изграждане на своите жилища.

ЛПКЗ Vn-2c. Според археологичната хронология (Тодорова, 1986), тази подзона съответства на ранната бронзова епоха. Количествените реконструкции показват намаление в обработваемите площи и пасищата, което е видимо и от намалените процентни стойности в поленовите спектри на антропогенните индикатори като *Polygonum aviculare*, *Plantago lanceolata*, *Filipendula*, Cichoriaceae, *Scabiosa* и *Centaurea jacea*-type и спорите на индикаторните видове обитаващи тор като *Podospora* (Тип 368a), *Chaetomium* (Тип 7a) и *Cercophora*-type (Тип 112). Спорите на *Glomus* (Тип 207), които се развиват върху корените на различни дървесни растения гостоприемници показват ерозия на почвата в близост до Варненското езеро.

ЛПКЗ Vn-3. Най-характерната особеност е формирането на съвременните растителни съобщества по крайбрежието. Площите, заети от смесени дъбови и габъррови гори, намаляват поради по-слабото човешко въздействие по време на желязната епоха, което се потвърждава и от постоянното присъствие на културни житни и други антропофити като *Plantago lanceolata*, *Polygonum aviculare* и *Filipendula*.

7. Реконструкция на палеоекологичните условия (растителност и климат) по българското черноморско крайбрежие през късен плейстоцен и холоцен.

Въз основа на интуитивното интерпретиране на фосилните поленови спектри от двата сондажа, данните от седиментацията, радиовъглеродните датировки и изготвените на тяхна база опростени геохронологични модели и извършените количествени реконструкции са направени обобщения за палеоекологичните условия (растителност и климат). Получените ЛПК(П)З са отнесени към определените от Филипова-Маринова (2006) регионални поленови комплексни зони (РПКЗ).

РПКЗ V (13 000 – 10 200 год. ВР)

Тази зона може да бъде разпозната само в сондаж GGC18 и може да се корелира с късноледниково време/горноновоевксински регионален подетаж. Въпреки че Филипова-Маринова (2006) поделя тази зона на четири регионални поленови комплексни подзони (РПКПЗ), в поленовите спектри от този сондаж не се откриват данни за подобна детайлна динамика на растителността.

Климатичните реконструкции от сондаж GGC18 показват сух и студен климат. Българското черноморско крайбрежие е било почти безлесно с широко разпространение на степни съобщества, в които са участвали *Artemisia* и Роасеае.

РПКЗ VI (10 200 – 8 000 год. ВР; пребореал-бореал)

Поради малката мощност на раннохолоценовите утайки в описаните сондажи от дълбоководната зона на Черно море или липсата на част от тези утайки в сондажите от шелфа, в регионалната си поленова стратиграфия, Филипова-Маринова (2006) обединява пребореалния и бореалния периоди в една РПКЗ. В сондаж GGC18 има пълен разрез на раннохолоценовите утайки, което позволява да бъдат отделени две подзони.

РПКЗ VIa (10 200 – 9 000 год. ВР; пребореал)

Реконструираните климатични данни показват подобряване на климата, което се изразява с увеличение на СГТ до 13,8°C. Тази промяна е благоприятствала формирането на отворени горски съобщества. Реконструираната влажност на въздуха е ниска (средна стойност около 410 mm/m²) и не е била достатъчна за по-широко разпространение и гъстота на горите. Поради тази причина все още широко разпространение са имали ксерофитните тревисти съобщества с доминиране на *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, Роасеае, *Achillea*-type, *Aster*-type и *Cichoriaceae*.

В края на зоната растителната сукцесия следва тенденция на намаление на *Artemisia* и *Chenopodiaceae*, които се заместват от по-мезофилни представители на Роасеае и други тревисти таксони.

РПКЗ VIb (9 000 – 8 000 год. ВР; бореал)

Имайки предвид високите стойности на дървесните таксони и лекото увеличение на температурата и валежите (СГТ – 15,8°C и СГСВ до 585 mm/m² в края на зоната) може да се заключи, че горите са били с по-голяма плътност. Характерно е увеличението на *Corylus*, който освен като елемент на подлеса на смесените дъбови гори, вероятно формира и монодоминантни съобщества. Това увеличение е съпроводено с увеличение на *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia* и *Fagus* и значително намаление на *Pinus diploxylon*-type, *Betula* и *Carpinus betulus*.

РПКЗ VII (8 000 – 5 000 год. ВР; атлантик)

Реконструкцията на СГТ през този период показва стойност 16,9±2,1°C, като отбелязания абсолютен максимум е 19,1°C. СГСВ показва осреднена стойност от 660 mm/m² с максимум 690 mm/m² (климатичен оптимум на холоцена). Тези оптимални климатични условия са благоприятствали широкото разпространение на по-гъсти смесени дъбови гори с много по-затворен склоп в равнинните райони и в предпланините. Намалението на *Ulmus* е съпроводено с появата на полен от антропофити като *Cerealia*-type, *Plantago lanceolata* и *Polygonum aviculare*. Това би могло да се обясни с известно човешко влияние през енеолита. *Carpinus betulus* и *Carpinus orientalis* разширяват разпространението си в смесените дъбови гори.

РПКЗ VIII (5 000 – 3 000 год. ВР; суббореал)

Реконструираните температури показват леко намаление на стойностите в сравнение с предходната зона. Смесените дъбови гори доминират и са представени с плътни съобщества, въпреки значителното изменение в състава на широколистните

гори. Растителната сукцесия, характеризираща се с намаление на *Quercus*, *Ulmus* и *Tilia*, се дължи на прехода към по-континентален климат, което се доказва от климатичните реконструкции.

РПКЗ IX (3 000 год. ВР – до днес; субатлантик)

Климатичните криви отбелязват понижаване на температурите след 2500 год. ВР, като достигат стойности близки до съвременните. Площите, заети от смесени дъбови и габъррови гори в равнинните части и предпланините, намаляват през желязната епоха, като част от освободените терени са били превърнати в обработваеми площи, а върху ерозираните терени, са се формирали ценози, главно на *Carpinus orientalis*. Завишеното присъствие на полен от *Quercus*, *Ulmus*, *Carpinus betulus* и единични поленови зърна от някои лиани като *Hedera*, *Humulus/Cannabis* и *Vitis* са поленови сигнали за формиране и развитие на съвременните хидромезофитни заливни (“лонгозни”) гори край долните течения на реките, вливащи се в Черно море.

8. Човешко влияние върху естествената растителност по българското черноморско крайбрежие от енеолита до днес по данни от спорово-поленовия анализ и извършените палеофлористични реконструкции

Човешкото влияние върху естествената растителност от около 5000 до 2100 год. ВС е интерпретирано въз основа на данните от спорово-поленовия анализ, анализа на динофлагелатните цисти, акритархи и неполенови палиноморфи на седиментите от Сондаж-3 Варнеско езеро и сондаж GGC18. Направено е сравнение със сондажи “D” и “I” от потъналите праисторически селища в пристанището на Созопол (Filipova-Marinova et al., 2011), сондаж “F” от залива край нос Урдовиза край Китен, речната тераса край устието на р. Велека (сондаж 149) (Филипова-Маринова, 2006) и три сондажа от потънали праисторически селища във Варненското езеро в близост до селата Страшимирово (Божилова и Филипова, 1975), Повеляново (Божилова и Иванов, 1985) и от Арсенала (Bozilova & Veug, 1994).

Неолит. Липсват доказателства за човешко присъствие в изследвания район. В сондажите от южното българско черноморско крайбрежие са открити единични поленови зърна от рудерални видове като *Plantago lanceolata*, *Polygonum aviculare* и *Centaurea cyanus*.

Късен енеолит (4100-3850 год. ВС). Извършените количествени реконструкции потвърждават съществуването на праисторическо селище в близост до Варненското езеро и наличието на по-обширни заблатени територии. Това се дължи на високото ниво на подпочвените води. Поради тази причина жилищата са били изградени на дървени площадки и почвата се е укрепвала с дървени колове, като за целта е използван главно дъб (Draganov, 1995).

Обработваемите площи са били разположени в близост до езерото, като почвите са били богати на хумус, добре овлажнени и подходящи за обработване. Основната отглеждана култура е била пшеницата (*Triticum*). Количественият анализ, показва, че земеделието по черноморското крайбрежие е било интензивно.

В Сондаж – 3 не са открити овъглени микрочастици, което показва, че разширяването на площите за пасища се е осъществявало само чрез изсичане на горите,

за разлика от други райони на Черноморието, където се е практикувало и опожаряването им.

Преходен период (3850-3200 год. ВС). Преходният период, определян още като постенеолит и протобронз, се характеризира с благоприятни климатични условия и разширяване на площите, заети от дървесна растителност, главно от смесени дъбови гори. След прилагането на модела ERV се потвърждават и данните от поленовите спектри за липса на човешка дейност в района на Варненското езеро, като по данни от геохронологичния модел, този хиатус е с продължителност приблизително 319 год.

Ранна бронзова епоха (3000-2800 год. ВС). Отново се отбелязва засилено човешко влияние през втората фаза на ранната бронзова епоха. Намалението на горските площи е за сметка на разширяването на обработваемите площи и разчистване на терени за паша, като отново за разлика от други райони на Черноморието, край Варненското езеро това е ставало чрез изсичане на горите.

Земеделието през тази епоха е било много добре развито, като основните култури са били *Triticum* и *Hordeum*.

9. Обобщени изводи и заключение

9.1. Обобщени изводи

Резултатите от извършените комплексни палеоекологични изследвания и анализи предоставят възможност да се направят следните изводи и обобщения за промените в растителността, климата и човешкото влияние върху палеоекологичната обстановка на централната част на българското черноморско крайбрежие и района на Варненското езеро през последните 13000 години:

1. На базата на извършения спорово-поленов анализ на съвременни повърхностни проби и обобщени данни за климатичните параметри и растителността, е установена линейна зависимост на връзката полен-климат за 43 поленови таксона и линейна зависимост за връзката полен-растителност за 30 растителни таксона.

2. Прилагането на трите подмодела на ERV и MCA за симулация на съвременни данни от контролна повърхностна проба и последвалото сравнение с действителните съвременни данни, показва изключителна точност на моделите с много малко отклонение. Това доказва надеждността на моделите и възможността за прилагането им за фосилни поленови спектри и осъществяване на последващата реконструкцията на растителността и климатичните параметри.

3. Потвърдено е, че късноледниковите ксерофитни тревисти съобщества с доминиране на *Artemisia* и *Chenopodiaceae* в Източностаропланинското крайбрежие са изместени от отворени дъбови гори в началото на холоцена като отговор на общата тенденция за затопляне на климата.

4. Потвърдено е, че съвременният облик на растителните съобщества се формира след след 3000 год. ВР под влияние на климатични и антропогенни фактори.

5. За първи път в морски сондаж от българското Черноморие е установено известното в цяла Европа ”събитие 8200 год. ВР” въз основа на рязкото намаление в процентното участие на дървесните таксони, увеличение на *Artemisia*, и отчетена много ниска скорост на отлагане от 318 години за 1 cm утайка.

6. Първата промяна в солеността на Черно море с максимум на *Lingulodinium machaerophorum* е регистрирана след 8200 год. ВР.

7. За първи път е установено опресняване на повърхностните води в българската част на черноморската акватория чрез присъствието на *Spiniferites cruciformis*, датирано на 3150±35 год. ВР.

8. За първи път въз основа на опростен геохронологически модел е определена скоростта на утаяване на ламинираните седименти във Варненското езеро – около 0,69 mm/год.

9. Литоложкото описание на Сондаж 3 - Варненско езеро потвърждава установения от Vozilova & Beug (1994) молюсков слой от черупки без глина. За първи път са датирани долната и горната граници на този слой, които показват съответно възраст от 7776 до 6183 год. ВР.

10. По-силно антропогенно влияние върху естествената растителност в района на Варненското езеро е установено през късния енеолит и ранната бронзова епоха въз основа на извършените количествени реконструкции на ландшафтите в ГИС среда.

11. Точната продължителност на преходния период, с отсъствие на човешка дейност между късния енеолит и ранната бронзова епоха е установена за първи път в утайки от българските черноморски крайбрежни езера. Този културен хиатус е продължил около 319 год. и се дължи най-вероятно на издигането на нивото на Черно море и подкрепя предположението, че селищата в близост до Варненското езеро са били изоставени.

12. Симулацията на ландшафтите въз основа на количествена реконструкция на растителността около Варненското езеро отразяват по-значително антропогенно въздействие в сравнение с процентното им представяне в поленовите диаграми.

13. Реконструиранияте криви на климатичните параметри потвърждават климатичните колебания през късния плейстоцен и холоцен, изведени при интуитивното интерпретиране на данните от спорово-поленовия анализ.

9.2. Заключение

На базата на извършения спорово-поленов анализ на съвременни повърхностни проби и обобщени данни за климатичните параметри и растителността и прилагането на математическите модели за симулация на съвременни данни и последвалото сравнение с действителните съвременни данни, се показва изключителна точност на реконструкциите. Това доказва надеждността на моделите и възможността за прилагането им за фосилни поленови спектри и осъществяване на последващата реконструкцията на растителността и климатичните параметри за изследвания район.

Въпреки, че двата изследвани сондажа са разнофациални, те предлагат взаимнодопълваща се информация, като GGC18 дава данни за регионалното палеоекологично развитие, докато Сондаж 3 – за локалната обстановка и човешкото въздействие. Интуитивните интерпретации на получените данни от спорово-поленовия анализ на фосилните проби от двата сондажа дават нова информация и допълват и детайлизират известната до момента за изследвания район. Може да се проследи растителната сукцесия, като ясно се отбелязва изместването на късноледниковите ксерофитни тревисти съобщества с доминиране на *Artemisia* и *Chenopodiaceae* от

отворени дъбови гори в началото на холоцена, преминаване към смесени дъбови гори и последващото им деградиране в резултат на климатичните промени и антропогенното въздействие, водещо до формирането на съвременния облик на растителните съобщества след 3000 год. ВР.

При извършения анализ на динофлагелатните цисти и акритархите са установени два динофлагелатни комплекса. Първият е доминиран от стенохалинни сладководни до бракични видове, а вторият - от еврихалинни средиземноморски видове. Тази промяна в състава на динофлагелатните комплекси свидетелства за промяна в солеността на повърхностните морски води от ниска, по-малка от 7 ‰, до съвременните нива след 7864 год. ВР.

Реконструиранияте криви на климатичните параметри показват климатичните колебания през късния плейстоцен и холоцен, като благодарение на спорово-поленовия анализ с висока резолюция е установено известното в цяла Европа ”събитие 8200 год. ВР”.

Засиленото антропогенно влияние върху естествената растителност в района на Варненското езеро е установено през късния енеолит и ранната бронзова епоха, като симулацията на ландшафтите въз основа на количествена реконструкция на растителността отразяват по-значително антропогенно въздействие в сравнение с процентното им представяне в поленовите диаграми.

Следвайки общоприетата археологична хронология, точната продължителност на културен хиатус на преходния период между късния енеолит и ранната бронзова епоха е с продължителност от около 319 год.

Списък на научните статии на автора във връзка с дисертацията за придобиване на образователна и научна степен “Доктор”

1. **Vergiev, S.**, Filipova-Marinova, M., Giosan, L., Pavlov, D., Slavchev, V. 2014. Pollen-based quantitative reconstruction of Holocene vegetation in the Varna Lake area (Northeastern Bulgaria) using modelling and simulation approach. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*. (*In press*) (IF 2012: 0.211).
2. Filipova-Marinova, M., Pavlov, D., Coolen, M., Giosan, L., **Vergiev, S.** 2014. Vegetation development in the central part of the Bulgarian Black Sea coast during the last 13,000 years. *Grana*. <http://dx.doi.org/10.1080/00173134.2014.903294> (IF 2012: 0.771).

Списък на участията в научни форуми във връзка с дисертацията за придобиване на образователна и научна степен “Доктор”

1. Филипова-Маринова, М., Павлов, Д., **Вергиев, С.**, Куулин, М., Джиосан, Л. 2011. Първа маринопалинологична стратиграфия с висока резолюция на къснокватернерни утайки от централната част на западното Черноморие. VII Национална конференция по ботаника, София, 29 – 30 Септември 2011.

2. **Вергиев, С.**, Филипова-Маринова, М., Павлов, Д., Куулин, М., Джиосан, Л. 2013. Палеоклиматични реконструкции на централната част на Българското черноморско крайбрежие през последните 13 000 години по данни от спорово-поленов анализ и метода на съвременните аналози. Национална конференция с международно участие „ГЕОНАУКИ 2013“, София, 12 – 13 Декември 2013.

Приноси на дисертационния труд

Методически приноси

1. За първи път за територията на България е приложен Методът на съвременните аналози за палеоклиматични реконструкции на базата на спорово-поленов анализ, като са получени количествени данни за четири параметъра на климата.

2. За първи път за територията на България са използвани моделът ERV за количествени реконструкции на растителността и Подходът на множествените сценарии за симулация на екологично възможни сценарии на ландшафтите и графичното им представяне в ГИС среда.

3. Модифицирана е методиката на Bunting et al. (2013) за описание на растителността около съвременните повърхностни проби и изследване на тежестта на фактора отстояние от вземане на пробата, чрез добавяне на допълнителни концентрични пръстени.

Научни приноси

1. За първи път са получени количествени данни за стойностите на 4 палеоклиматични показателя (средногодишна температура, средна температура на студеното полугодие, средна температура на топлото полугодие и средногодишна сума на валежите) за късен плейстоцен и холоцен, като са конструирани криви.

2. Извършени са палеоекологични реконструкции на сукцесиите на крайбрежната растителност през късния плейстоцен и холоцен, като е потвърдено, че късноледниковите ксерофитни тревисти съобщества с доминиране на *Artemisia* и *Chenopodiaceae* в Източностаропланинското крайбрежие са изместени от отворени дъбови гори в началото на холоцена като отговор на общата тенденция за затопляне на климата.

3. За първи път в морски сондаж от българското Черноморие е установено известното в цяла Европа ”събитие 8200 год. ВР” чрез рязкото намаление в процентното участие на дървесните таксони, увеличение на *Artemisia* и потвърдено чрез реконструиранияте криви на климатичните параметри.

4. За първи път е установено опресняване на повърхностните води в българската част на черноморската акватория чрез присъствието на *Spiniferites cruciformis*, датирано на 3150±35 год. ВР.

5. Получени са нови данни за фосилната флора около Варненското езеро през холоцена, като за първи път в утайки от Варненското езеро са изследвани неполенови палиноморфи (НПП), включително динофлагелатни цисти и акритархи.

6. За първи път въз основа на изготвения геохронологически модел е определена скоростта на утаяване на ламинираните седименти във Варненското езеро - около 0,69 mm/год.

7. Анализът на молюските в Сондаж 3 - Варненско езеро потвърждава установения от Vozilova & Veug (1994) молюсков слой от цели и натрошени черупки без глина, като за първи път са датирани долната и горната му граници.

Научноприложни приноси

1. Изготвени са 41 Съвременни калибрационни сетове, съдържащи синтезирани данни за поленовите спектри и климатичните фактори и даващи възможност да бъдат използвани в бъдещи палеоклиматични реконструкции.

2. Извършена е оценка на поленовата продуктивност за 30 от типичните поленови таксони, необходима при количествените реконструкции.

3. Изготвени са карти на растителността за 8 времеви прозореца в района на Варненското езеро, показващи тенденциите в разпространението на естествената растителност и човешкото влияние върху нея, чрез освобождаване на площи за земеделие и животновъдство.

4. За първи път е установена продължителността на преходния период с отсъствие на човешка дейност между късния енеолит и ранната бронзова епоха в утайки от българските черноморски крайбрежни езера (около 319 год.).

5. Установено е, че симулацията на ландшафтите въз основа на количествена реконструкция на растителността отразяват по-значително антропогенно въздействие в сравнение с процентното им представяне в поленовите диаграми.

Благодарности

Искам да изкажа искрената си благодарност на:

Научните консултанти **проф. дбн Марияна Филипова-Маринова** и **доц. д-р Емануил Кожухаров** за помощта и съветите при извършените научни изследвания и анализи и за направените критични бележки при обсъждането на дисертационния труд.

Проф. д-р Атанас Палазов (Директор на ИО – БАН, Варна) и на **г-жа Ива Филипова-Великова** (Експерт управление „Човешки ресурси“, ИО – БАН, Варна) за оказаното съдействие.

Проф. дгн Веселин Пейчев (Зам. Директор на ИО – БАН, Варна) и **всички колеги от секция “Морска геология и археология“ при ИО-БАН** за ползотворните дискусии и направените конструктивни бележки и препоръки при обсъждането на дисертационния труд.

Проф. д-р Валентин Плетньов (Директор на Регионален исторически музей – Варна) и **всички колеги от РИМ-Варна** – за оказаната подкрепа.

Palaeoecology and geoarchaeology of upper Pleistocene and Holocene sediments from the Black Sea deep water zone and the Varna Lake

**Stoyan Vergiev
(Summary)**

The aim of the present thesis is the reconstruction of climate, vegetation changes and human impact on the palaeoecological environment of the central part of the Bulgarian Black Sea Coast and the Varna Lake area during the last 13,000 years.

Forty-one modern pollen samples together with the corresponding vegetation and climate data were collected in order to determine the pollen-vegetation and pollen-climate relationships. Comparison of actual and simulated modern vegetation composition shows similar results, which proves the reliability of models applied.

The multi-proxy palaeoecological study is based on the analysis of spores, pollen, dinoflagellate cysts and non-pollen palynomorphs from 2 cores: the Giant Gravity Core 18 (GGC 18) obtained from the western continental slope of the Black Sea and Core-3 obtained from the Varna Lake.

Standard intuitive interpretation of pollen assemblages traced out the vegetation dynamics and main successions of local and regional range. Two main dinoflagellate cyst assemblages, one dominated by fresh- to brackish water species and another one, characterized by euryhaline marine Mediterranean species testified a change in sea surface salinity from low salinity (<7‰) to present day conditions after 7990 cal. BP.

Pollen data from GGC 18 is used for paleoclimate reconstructions of four parameters: average annual temperature, average temperature of the warm and cold half-year and average annual precipitation of the Central Bulgarian Black Sea Coast during the last 13000 years using modern analog technique (MAT). A cooling of Holocene climate that is well known in the North Atlantic region as the “8200 yrs cold event” is identified for the first time in marine records from the Bulgarian Black Sea area.

A detailed pollen analysis of lacustrine sediments of Core 3 gives opportunity to reconstruct the past vegetation and to simulate past landscapes. Three submodels of the Extended R-Value (ERV) model are used to relate pollen percentages to vegetation composition. The Multiple Scenario Approach (MSA) and models of pollen dispersal and deposition are applied in order to reconstruct likely 50 km by 30 km past landscape scenarios from fossil pollen assemblages using the software suite HUMPOL v.3. Simulations are performed at eight time windows in the past and possible vegetation maps are drawn in GIS environment.

Two periods of significant presence of pollen from cultivated cereals, weeds and ruderals were identified and are attributed to the Late Eneolithic and Early Bronze Age. The anthropogenic impact on the natural vegetation has been identified by deforestation and agricultural practice. The Transitional period without human activities between these two periods lasted ca 319 years and coincided with a rise of the Black Sea level.

Simulated landscapes based on quantitative reconstruction of vegetation coverage around the Varna Lake reflect a more significant anthropogenic impact and openness than those shown by pollen percentages.