



Национална конференция с международно участие „ГЕОНАУКИ 2022“
National Conference with International Participation “GEOSCIENCES 2022”

Quantitative Holocene palaeolandscape reconstructions in the Beloslav Lake area using pollen data, modelling and simulation approach

Количествени палеоландшафтни реконструкции в района на Белославското езеро през Холоцена по данни от спорово-поленов анализ и използване на моделиране и симулация

Stoyan Vergiev
Стоян Вергиев

Technical University of Varna, Department of Ecology and Environmental Protection, 1 Studentska St, 9010 Varna, Bulgaria;
E-mail: stvergiev@gmail.com

Abstract. Pollen records from lacustrine core Bel-1 obtained from the Beloslav Lake (Northeastern Bulgaria) were used to reconstruct the past vegetation and to simulate past landscapes. Numerous 50 km by 30 km landscape simulations were performed at different time windows in the past. Eleven of them were chosen as significant for vegetation dynamics, human impact, and landscape evolution. Comparison of actual and simulated modern vegetation composition showed similar results, which proved the reliability of models. Quantitative reconstructions in the region of the Beloslav Lake showed a clear trend of decreasing forest landscapes at the expense of agrarian ones. Simulated landscapes based on quantitative reconstruction of vegetation coverage reflected a more significant anthropogenic impact and openness than those shown by pollen percentages.

Keywords: palaeolandscapes, pollen, palaeoecology, Beloslav Lake, human impact.

Въведение

Определянето на тенденциите в еволюцията на ландшафтите и оценката на антропогенизацията в пространството и времето е от голямо теоретично и практическо значение за изучаване и определяне на закономерностите и механизмите в развитието на географското пространство (Opdam et al., 2003). За разлика от ретроспективните анализи, които се основават на ограничен набор от данни за проследяването на историята на ландшафта, числовите модели, основаващи се на палеонтологични данни, симулират промените в ландшафта и човешкото въздействие с течение на времето (Coulthard, 2001).

Спорово-поленовият анализ е един от перспективните методи, използвани в палеоландшафтните реконструкции за оценка на еволюцията на ландшафта и степента на антропогенизация (Vergiev et al., 2021). За разлика от класиче-

ските качествени интерпретации на поленовите спектри, математическото моделиране предлага възможности за сравнително точни количествени реконструкции на палеорастителността въз основа на съвременните зависимости, извеждайки редица модели, базирани на съотношението полен-растителност в съвременни условия (Vergiev et al., 2014).

Целта на настоящото изследване е да се извърши реконструкция на ландшафтите в района на Белославското езеро през последните 6000 години на база на данни от спорово-поленов анализ на езерни седименти и чрез моделиране и симулации на палеорастителността.

Материал и методи

Извършен е спорово-поленов анализ на холоценски седименти от сондаж Bel-1, прокаран в близост до северния бряг на Белославското езе-

ро, при дълбочина на водния слой 2 m. Изследваната дължина на сондажния разрез е 600 cm.

Лабораторната обработка на изследваните 44 проби е извършена в съответствие със стандартния ацетолуизен метод на Faegri & Iversen (1989) с модификация на Birks & Birks, (1980). За спорово-поленов анализ са изготвени глицеринови микроскопски препарати и са изброявани всички срещани се в пробите поленови зърна и спори, като са определени до най-ниско таксономично ниво и отнесени към определен поленов тип.

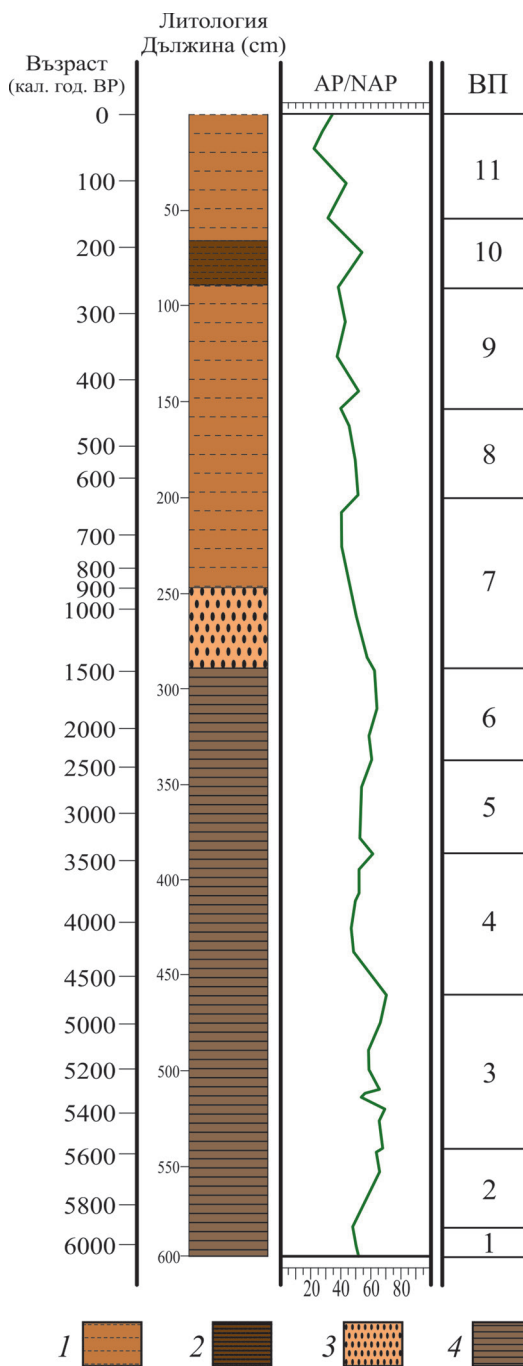
При реконструкциите са използвани трите подмодела на модела ERV, чрез които се установява линейната връзка между абсолютните стойности на полена, отлаган в седиментните басейни и пропорциите в растителността параметри, заобикаляща басейна (Parsons, Prentice, 1981; Prentice, Parsons, 1983). При симулациите на екологично възможни ландшафтни реконструкции е използван „Подходът на многобройните сценарии“, който се състои от набор от програми, инкорпориращи GIS данни, цифрови модели и данни от поленовия анализ (Bunting et al., 2008; Bunting, Middleton, 2009). При изчислението е използван софтуерния пакет HUMPOL v. 3.0 (Middleton, Bunting, 2004; Bunting, Middleton, 2005). Необходимите за моделирането параметри са взети от разработките на Broström et al. (2004) и Vergiev et al. (2021).

С цел определяне на възрастта на пробите, е създаден геохронологичен (възрастов) модел, представляващ линейна интерполация между възрастта на датирания нива и дълбочината (Bennett, 1994). Използвано е AMS радиовъглеродно датироване на 4 избрани проби от сондажа (Vergiev, 2021).

Резултати и обсъждане

Многобройни ландшафтни симулации от 50 km на 30 km са изградени от набор от дефинирани правила в единадесет времеви прозореца в миналото, които са дефинирани като значими за динамиката на растителността, човешкото въздействие и еволюцията на ландшафтите (фиг. 1). 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.

Извършеният анализ, след прилагането на трите подмодела на ERV, извежда процентните съотношения между отделните растителни общества, формиращи отделните типове ландшафти (табл. 1).



Фиг. 1. Времеви прозорци на реконструкцията: ВП – времеви прозорец, АР – дървесни и храстови таксони (%), NAR – тревисти таксони (%), 1 – бежово-сиви глини, 2 – сиви глини, 3 – пясъчливо-глинест слой, 4 – ламинирани глини

Извършената симулация за времеви прозорец 1 изведе 11 възможни ландшафтни сценария. Отбелязва се преобладаване на горски ландшафти – 56,5%. Изключвайки заблатените терени (1,5%) и пясъчните ландшафти (0,9%), площите, заети от аграрни ландшафти, съставляват 28,7%.

Таблица 1. Процентно покритие от продуциращата полен територия на отделните съобщества, участващи във формирането на ландшафти (%)

Времеви прозорец	Продължителност (год. ВР)	Смесени дъбови и габъррови гори	Тревисти площи/пасища	Лонгозни гори	Обработваеми площи	Заблатени територии	Псамофитни съобщества
1	6139–5869	56.5	12.4	0	28.7	1.5	0.9
2	5869–5548	69.1	27.9	0	0	1.6	1.4
3	5548–4678	49.6	17.4	0	29.3	3.1	0.6
4	4678–3290	45.3	20.4	0	31.6	2.0	0.7
5	3290–2461	47.0	18.3	0	31.9	1.7	1.1
6	2461–1482	45.7	19.3	0.4	31.7	1.9	1.0
7	1482–695	45.9	20.2	0.6	30.6	1.7	1.0
8	695–426	45.7	20.0	0.7	31.1	1.3	1.2
9	426–281	44.8	19.8	0.7	32.4	1.1	1.2
10	28–182	43.2	19.1	0.8	34.0	1.8	1.1
11	182–	42.9	18.1	0.7	35.7	1.4	1.2

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

Седемдесет и шест процента от опитите за симулации във времеви прозорец 2 дават грешка, поради липсата на поленови сигнали от антропофити. Само 13 са възможните сценарии за разпределение на растителността. Интерпретацията на поленовото отброяване показва отсъствие на човешко влияние в този район (Filipova-Marinova et al., 2013), 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 98,0% сигурност за неговата липса в зоната на далечен пренос от 20 km.

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

Възможните сценарии за времеви прозорци 3 и 4 са значителни на брой, но всичките следват една и съща тенденция в разпространението на растителността. Симулираните данни от модела предполагат намаляване на площите, заети от ландшафти на смесените дъбови гори, отколкото показват данните от поленовите спектри. Обработваемите площи са били разположени в близост до езерото, увеличавайки обхвата си. Аквалните ландшафти са широко представени, което доказва твърдението, че почвата около езерото е била овлажнена (Filipova-Marinova et al., 2013).

Броят на възможните сценарии за времеви прозорец 5 е по-малък в сравнение с предход-

ните периоди, но 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 изразен преобладаващ ландшафт за задаване като матрица. Прилагането на модела ERV за времеви прозорец 5 показва леко увеличение на площите, заети от горски ландшафти. Площите, заети от тревисти съобщества, тези, ползвани за пасища и за земеделие намаляват, за сметка на лекото увеличение на горите. Наблюдава се леко увеличение на псамофитните съобщества, за сметка на влажните територии.

Във времевите прозорци от 6 до 8 се наблюдава относително постоянство на относителният дял на горските и аграрните ландшафти. В началото на периода се отбелязват първите поленови сигнали за наличието на лонгозни гори, с тенденция за увеличаване на тези ландшафти. Пясъчните ландшафти намаляват своето участие.

Симулациите за времевите интервали 9–11 отразяват намаление на сумарното участие на териториите, заети от гори, за сметка на обработваемите площи. Поленовите сигнали за наличието на лонгозни гори са сравнително високи.

Заклучение

Извършеното моделиране и последващият анализ доказват, че симулационният подход при интерпретацията на данни от спорово-поленовия анализ дава възможност за определяне на тенденциите в еволюцията на ландшафтите и оценката на антропогенизацията в пространството и времето. Многобройни ландшафтни симулации

разграничават единадесет времеви прозореца за последните 6139 г. ВР, които са дефинирани като значими за динамиката на растителността, човешкото въздействие и еволюцията на ландшафтите. Количествените реконструкции в района на Белославското езеро показват ясна тенденция на намаляване на горските ландшафти за сметка на аграрните.

Благодарности: Част от научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени в рамките на присъщата на ТУ-Варна научноизследователска дейност, финансирана целево от държавния бюджет.

References

- Bennett, K. 1994. Confidence intervals for age estimates and deposition times in late-Quaternary sediment sequences. – *The Holocene*, 4, 337–348; <https://doi.org/10.1177/095968369400400401>.
- Birks, H., H. Birks. 1980. *Quaternary Palaeoecology*. London, Edward Arnold, 289 p.; [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(82\)90036-9](https://doi.org/10.1016/0033-5894(82)90036-9).
- Broström, A., S. Sugita, M. Gaillard. 2004. Pollen productivity estimates for reconstruction of past vegetation cover in the cultural landscape of Southern Sweden. – *The Holocene*, 14, 371–384; <https://doi.org/10.1191/0959683604hl713rp>.
- Bunting, M., C. Twiddle, R. Middleton. 2008. Using models of pollen dispersal and deposition in hilly landscapes: some possible approaches. – *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 259, 77–91; <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.03.051>.
- Bunting, M., R. Middleton, 2005. Modelling pollen dispersal and deposition using HUMPOL software, including simulating windroses and irregular lakes. – *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 134, 185–196; <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2004.12.009>.
- Bunting, M., R. Middleton. 2009. Equifinality and uncertainty in the interpretation of pollen data: the Multiple Scenario Approach to reconstruction of past vegetation mosaics. – *The Holocene*, 19, 799–803; <https://doi.org/10.1177/09596836091053>.
- Coulthard, T. J. 2001. Landscape evolution models: a software review. – *Hydrological Processes*, 15, 165–173; <https://doi.org/10.1002/hyp.426>.
- Faegri, K., J. Iversen. 1989. *Textbook of Pollen Analysis*. Chichester., John Wiley, Sons, 328 p.; <https://doi.org/10.1002/jqs.3390050310>.
- Filipova-Marinoва, M., D. Pavlov, S. Vergiev, V. Slavchev, L. Giosan. 2013. Palaeoecology and geoarchaeology of the Varna Lake, NorthEastern Bulgaria. – *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 66, 377–392.
- Middleton, R., M. Bunting, 2004. Mosaic v1.1: landscape scenario reation software for simulation of pollen dispersal and deposition. – *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 132, 61–66; <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2004.04.004>.
- Opdam, P. F. M., J. Verboom, R. Pouwels. 2003. Landscape cohesion: an index for the conservation potential of landscapes for biodiversity. – *Landscape Ecology*, 18, 113–126; <https://doi.org/10.1023/A:1024429715253>.
- Parsons, R., I. Prentice. 1981. Statistical approaches to R-values and the pollen-vegetation relationship. – *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 32, 127–152; [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(81\)90001-4](https://doi.org/10.1016/0034-6667(81)90001-4).
- Prentice, I., R. Parsons. 1983. Maximum likelihood linear calibration of pollen spectra in terms of forest composition. – *Biometrics*, 39, 1051–1057; <https://doi.org/10.2307/2531338>.
- Vergiev, S. 2021. Pollen-based paleoclimate reconstructions of Beloslav Lake (Northeastern Bulgaria) during the last 6000 years using modern analog technique (MAT). – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 82, 3 (Geosciences 2021), 132–134 (in Bulgarian with English abstract); <https://doi.org/10.52215/rev.bgs.2021.82.3.132>.
- Vergiev, S., M. Filipova-Marinoва, L. Giosan, D. Pavlov, V. Slavchev. 2014. Pollen-based quantitative reconstruction of holocene vegetation in Varna Lake area (Northeastern Bulgaria) using modelling and simulation approach. – *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 67, 831–834.
- Vergiev, S., M. Filipova-Marinoва, D. Toneva, T. Stankova, D. Dimova, K. Lesidrenski. 2021. Key parameters for landscape evolution and anthropogenisation estimation in the Kamchia River downstream region (Eastern Bulgaria). – *Annual Journal of Technical University of Varna, Bulgaria*, 5, 86–9; <https://doi.org/10.29114/ajtuv.vol5.iss1.240>.