

УДК (551+561).583.2

**О.І. Бодюл\*, Е.І. Віноградова\*\*, В.Б. Владімірова\*, О.С. Бодюл\***

\*Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеської національної академії харчових технологій, вул. Дворянська, 1/3, м. Одеса, 65082

\*\*Інститут біології та еволюції університету Феррари, Італія

## ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ПАЛЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

*Запропоновано програмне забезпечення для відтворення регіонального географічного розподілу палеорослинності за методом біомізації з використанням експериментальних даних дослідження палінологічних матеріалів.*

**Ключові слова:** програмне забезпечення – часові ряди – метод біомізації – палінологічні дані

*The software for the paleovegetation regional geographic distribution reconstruction based on the method of biomization with palinological materials research experimental data utilization was proposed.*

**Keywords:** software – timing rows – biomization method – palinological data

### ВСТУП

Суперечливі прогнози кліматичних змін для України обумовлюють важливість одержання більш детальної інформації про екологічні умови цих регіонів у дотехногенну епоху, особливо під час найближчих аналогів сучасного глобального потепління – у періоди кліматичного оптимуму та малого кліматичного оптимуму голоцену. Картини палеорекострукцій правлять за основу сучасних моделей, за якими оцінюють подальші коливання кліматичної системи [1, 2].

Ціллю нашої роботи є розробка програмного забезпечення для відтворення регіонального географічного розподілу рослинності – важливого індикатора екологічних та гідротермічних умов. Пропонована інформаційно-обчислювальна система «ЕсоRec» реалізує метод біомізації, за яким зіставляється кожний пилковий спектр кожного часового зрізу літологічного розрізу з відповідним біомом шляхом об'єднання видів ідентифікованих рослин у функціональні типи рослинності, що складають біом [3-5].

У системі «ЕсоRec» використовуються нові експериментальні дані по споро-пилковому складу рослинності пізнього голоцену в умовах високомінералізованих ґрунтів Північно-Західного Причорномор'я, а також узагальнені літературні дані споро-пилкового аналізу по раніше вивченим розрізам на території України, які мають радіовуглецеве датування [6-12]. Палінологічний матеріал є інформативним джерелом інформації, який надає картину розподілу рослинного покриву та відповідні значення граничних кліматичних параметрів за зимовим та літнім сезонами, зокрема для часових зрізів 1000±60 р. тому та 6000±300 р. тому.

### II. ІНФОРМАЦІЙНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНА СИСТЕМА «ЕСОРЕС».

Інформаційно-обчислювальна система «ЕсоRec» складається з уніфікованих модулів, що дозволяє легко її доповнювати і модифікувати. Система вміщує модулі формування бази даних, обробки даних по деревній рослинності, обробки даних по недеревній рослинності, інтерфейсу.

Значна частина користування системою «ЕсоRec» пов'язана з роботою з базою даних. Система надає для цього не лише необхідні можливості перегляду, додавання, редагування інформації, але і функції первинного аналізу об'єктів: групування, асоціативний пошук, сортування даних по вказаним користувачем ознакам.

Коли процеси налаштування бази даних і введення основної інформації є завершеними, активуються модулі обробки даних для деревної і недеревної рослинності. Результати розрахунку сумарної кількості пилку для деревних та не деревних видів та відсоткового вмісту пилку кожного виду для конкретного часового зрізу кожного літологічного розрізу відображується на екрані у табличній формі.

Визначення «рахунків» функціональних типів рослинності здійснюється на підставі звернення до бази даних про розподілення видів по функціональних типах. Наступною операцією є пошук у базі даних граничних біокліматичних умов, відповідних одержаним функціональним типам рослинності. Результати розрахунків відображуються в окремому вікні у вигляді таблиці і можуть бути збережені як текстовий документ.

Одержані результати використовуються для визначення «рахунків» біомів. При цьому для кожного біому підсумовуються «рахунки» усіх функціональних типів рослинності, які відносяться до даного біому і є присутніми у досліджуваному лі-

тологічному розрізі. На такої підставі визначається ітоговий біом с найбільшим «рахунком», який характеризує розріз. Результати відображуються на екрані і у вигляді текстового документа. На рис. 1 відображені режими роботи інформаційно-обчислювальної системи «EcoRec» на різних етапах обробки даних.

Система «EcoRec» вміщує розширену довідкову систему, яка складається з довідки по налаштуванню і роботі програми, опису робочих моделей, джерел літератури і довідкових адрес. Сис-

тема «EcoRec» функціонує під управлінням операційних систем Windows.

Система «EcoRec» є ефективним інструментом при роботі з палеологічними даними для визначення функціональних типів рослинності, відповідних їм регіональних граничних екологічних умов, а також біомів, характерних для України, в пізньому і середньому голоцені і може бути корисна для широкого круга фахівців - кліматологів, палеогеографів.



Рисунок 1 – Режимы работы информационно-обчислювальної системи «EcoRec»

### III. РЕЗУЛЬТАТИ

На основі методу біомізації з використанням системи «EcoRec» ідентифікована за експериментально одержаними споро-пилковими спектрами палеорослинність була розподілена по функціональних типах, на основі чого біли визначені граничні еколого-кліматичні умови для деревних та не-

деревних форм рослинності. У результаті порівняння середніх температур самого теплого та самого холодного місяця і мінімальних індексів доступності вологи для усіх виявлених функціональних типів рослинності визначені граничні (найбільш низькі та найбільш високі) значення цих параметрів. Фрагменти одержаних даних наведені у таблицях 2-5.

**Таблиця 2** – Розподілення деревної рослинності, характерної для України, на часовому зрізі 6000±300 р. тому по функціональних типах та їх граничні біокліматичні умови

Види, характерні для України	Функціональні типи рослинності	Коди	Граничні біокліматичні умови		
			$T_{Cmin}$ , °C	$T_{Cmax}$ , °C	$\alpha$ min, %
Betula	Бореальні листопадні / арктико-альпійські	bs/aa	-	5	-
Picea, Pinus	Бореальні вічнозелені хвойні	bec	-45	-2	-
Alnus, Salix	Бореальні листопадні помірному поясу / арктико-альпійські	ts/bs/aa	-	10	65
Acer, Fraxinus, Quercus	Листопадні помірному поясу	ts	-15	15	65
Carpinus, Corylus, Fagus, Tilia, Ulmus	Холодостійкі листопадні помірному поясу	ts1	-15	10	65
Vitis	Теплолюбні листопадні помірному поясу	ts2	-2	15	65

**Таблиця 3** – Розподілення недеревної рослинності, характерної для України, на часовому зрізі 6000±300 р. тому по функціональних типах та їх граничні біокліматичні умови

Види, характерні для України	Функціональні типи рослинності	Коди	Граничні біокліматичні умови		
			$T_w$ min, °C	$\alpha$ min, %	$\alpha$ max, %
Brassicaceae fam., Fabaceae fam., Scrophulariaceae fam.	Теплолюбні трави/ чагарники	wgs	22	18	65
Apiaceae fam., Asteraceae fam., Caryophyllaceae fam., Centaurea, Euphorbiaceae fam., Geraniaceae fam., Lamiaceae fam., Liliaceae fam., Plantago, Plumbaginaceae fam., Ranunculaceae fam., Rosaceae fam., Rubiaceae fam.,	Степові трави/чагарники	sf	-	18	65
Artemisia, Chenopodiaceae fam.	Степові/ пустельні трави/чагарники	sf/df	-	-	65
Rosaceae fam.	Трави	g	-	-	-

**Таблиця 4** – Розподілення деревної рослинності, характерної для України, на часовому зрізі 1000±60 р. тому по функціональних типах та їх граничні біокліматичні умови

Види, характерні для України	Функціональні типи рослинності	Коди	Граничні біокліматичні умови		
			$T_{Cmin}$ , °C	$T_{Cmax}$ , °C	$\alpha$ min, %
Betula	Бореальні листопадні/арктико-альпійські	bs/aa	-	5	-
Picea, Pinus	Бореальні вічнозелені хвойні	bec	-45	-2	-
Abies	Бореальні вічнозелені хвойні / холодостійкі помірному поясу	bec/ ctc	-25	8	65
Alnus, Salix	Бореальні листопадні помірному поясу / арктико-альпійські	ts/bs/aa	-	10	65
Acer, Fraxinus, Quercus	Листопадні помірному поясу	ts	-15	15	65
Carpinus, Corylus, Fagus, Tilia, Ulmus	Листопадні холодостійкі помірному поясу	ts1	-15	10	65

**Таблиця 5** – Розподілення недеревної рослинності, характерної для України, на часовому зрізі 1000±60 р. тому по функціональних типах та їх граничні біокліматичні умови

Види, характерні для України	Функціональні типи рослинності	Коди	Граничні біокліматичні умови		
			$T_w$ min, °C	$\alpha$ min, %	$\alpha$ max, %
Brassicaceae fam., Fabaceae fam., Scrophulariaceae fam.	Теплолюбні трави/ чагарники	wgs	22	18	65
Apiaceae fam., Asteraceae fam., Caryophyllaceae fam., Centaurea, Geraniaceae fam., Plantago, Rosaceae fam., Rubiaceae fam., Rumex, Thalictrum	Степові трави/чагарники	sf	-	18	65
Artemisia, Chenopodiaceae fam.	Степові/ пустельні трави/чагарники	sf/df	-	-	65
Poaceae fam.	Трави	g	-	-	-

## ВИСНОВКИ

Розроблена діалогова інформаційно-обчислювальна система «EcoRes» для відтворення найважливіших біоіндикаторів палеоекологічних умов – географічного розподілення рослин-ефікаторів, та сформована база даних по споропилковим спектрам і функціональним типам рослинності, характерним для України у найближчі періоди глобального потепління, є ефективним засобом визначення граничних біокліматичних параметрів.

Виявлено, що у періоди кліматичного оптимуму та малого кліматичного оптимуму голоцену при різних розподілах ідентифікованої рослинності функціональні типи рослинності збігаються.

За розробленим програмним забезпеченням на основі методу біомізації виявлені граничні температурні біокліматичні умови пізнього голоцену та граничні умови за вологістю: найбільш високі з середніх літніх температур, характерні для функціонального типу холодостійких трав та чагарників (22°C) та найбільш низькі з середніх літніх температур, характерні для функціонального типу бореальних вічнозелених хвойних лісів (-2°C); найбільш високі з середніх зимових температур, характерні для функціонального типу листопадної рослинності помірного поясу (15°C) та найбільш низькі з середніх зимових температур, характерні для функціонального типу бореальних вічнозелених хвойних лісів (-45°C); найбільш низький з мінімальних індекс доступності вологи, характерний для недеревних функціональних типів рослинності (18%) і найбільш високий із мінімальних – для деревних функціональних типів (65%).

Виявлені біоми та граничні біокліматичні умови на території України у цілому відповідають сучасним.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Bradley, R.S.** Paleoclimatology. Reconstructing Climates of the Quaternary // 2<sup>nd</sup> Edition. International Geophysics Series. – Vol. 64. – 1999. – P. 613.
2. Бойченко С.Г. Глобальні і регіональні коливання клімату та можливі екологічні наслідки від них на території України: напівемпіричні моделі, сценарії. Дис. ... докт. географ. наук: 11.00.09. – Одеса, 2005.
3. **Peyron, O., Guiot, J., Cheddadi, R., Tarasov, P., Reille, M., Jacques-Louis de Beaulieu, Bottema, S., Andrieu, V.** Climatic Reconstruction in Europe for 18,000 yr BP from Pollen Data. Journal of Quaternary research, No. 49, 1998, pp. 183–196.
4. **Tarasov, P., Guiot, J., Cheddadi, R., Andreev, A., Bezusko, L.** et al. Climate in northern Eurasia 6000 years ago reconstructed from pollen data. Earth and Planetary Science Letters, No. 171, 1999, pp. 635–645.
5. **Віноградова О.І., Бодюл О.І., Приходько К.О.** Реконструкція регіональних гідротермічних умов у пізньому та середньому голоцені на основі методу біомізації. Науковий часопис Національного педагогічного університету ім. М.П. Драгоманова. Серія 4. Географія і сучасність. №19, 2008, с.77-85.
6. **Кременецкий К.В.** Палеоэкология древнейших земледельцев и скотоводов Русской равнины. М.: ИГ АН СССР, 1991, с.188
7. **Безусько Л.Г., Климанов В.А., Шеляг-Сосонко Ю.Р.** Климатические условия Украины в позднеледниковье и голоцене. Палеоклиматы голоцена Европейской территории СССР. Москва. – 1988. – с.125-135.
8. **Безусько Л.Г.** О проблеме развития растительности левобережной лесостепи Украины в голоцене на основе споро – пыльцевых исследований. Український ботанічний журнал, 1973, №30, с.228-237.

9. **Артюшенко А.Т., Паришкура-Турло С.И., Пархоменко Г.О., Арап Р.Я., Безусько Л.Г.** История голоценовой растительности Украины. Общая и региональная палеогеография. Київ: Наукова думка, 1984. - с.104 – 120.

10. **Климанов В.А., Безусько Л.Г.** Климат и растительность малого Полесья в голоцене. Український ботанічний журнал, 1981, №38, – с. 24-26.

11. **Артюшенко А.Т., Арап Р.Я., Безусько Л.Г.** История растительности западных областей Украины в четвертичном периоде. Київ: Наукова думка, 1982, с. 136

12. **Vinogradova E.I., Dubro I.V., Bodyul O.I.** Paleoclimatic reconstruction of Southwest Ukraine dur-

ing the Holocene from pollen data. Abstracts of the 13th International Interdisciplinary Conference on the Environment, Portland, Maine, USA, June 30-July 3, 2007.

13. **E.I. Vinogradova, O. I. Bodyul, I.V. Dubro.** The Biomisation Method and Software for Reconstruction of Bioecological Limits in Holocene. Abstracts the 15th International Interdisciplinary Conference on the Environment Daytona Beach, Florida, USA, July 8-11, 2009, p. 49

---

Получена в редакції 21.01.2013, прийнята к печати 22.01.2013