

УДК 504.064.2:(504.54+574)(234.86)

**Дідух Я.П.**

## **СИНЕРГЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЛАНДШАФТНО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ КАРАБІ-ЯЙЛИ (ГІРСЬКИЙ КРИМ)**

**Я.П. Дідух**

**СИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ КАРАБИ-ЯЙЛЫ (ГОРНЫЙ КРЫМ)**

*Институт ботаники имени Н.Г. Холодного Национальной академии наук Украины, Киев*

Дана ботанико-экологическая характеристика самого большого по площади и закарстованности плато Караби-яйлы, расположенного на высоте 700-1200 м над ур.м. в восточной части Горного Крыма. На основе заложенного эколого-ценотического профиля оценена степень дифференциации показателей ведущих эдафических и климатических факторов с использованием авторской методики синфитоиндикации. Использованы синергетические подходы для расчетов территориального распределения карстовых воронок, характера их функционирования и развития. Прогнозируется, что тенденции изменения климата, антропогенное влияние (чрезмерный выпас овец, искусственные посадки сосны) будут усиливать процессы карстообразования и эрозии.

**Ключевые слова:** биотоп; ландшафт; карст; растительность; синфитоиндикация; синергетика; дифференциация; динамика; Горный Крым; Караби-яйла.

**Ya. Didukh**

**SYNERGETIC APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF LANDSCAPE AND ECOLOGICAL DIFFERENTIATION OF KARABI PLATEAU (MOUNTAIN CRIMEA)**

*M. G. Kholodny Institute of Botany of National Academy of Science of Ukraine, Kyiv*

The botanical and ecological characteristics of the largest in size and karst plateau (Karabi-jajla), located at altitude of 700-1200 m in the eastern part of Mountainous Crimea has been presented. Based on degree of differentiation in the leading indicators of climatic and edaphic factors, ecological and eco-coenotic profile has been assessed using author's synphytoindication methods. The synergistic approach was applied for calculation of the spatial distribution of karst funnels and the nature of their functioning and development. It was predicted that the trend in climate change as well as anthropogenic influence (excessive grazing and artificial pine plantations) increase karst erosion.

**Key words:** biotope, landscape, karst, vegetation, synphytoindication, synergetic, differentiation, dynamic, Mountain Crimea; Karabi-jajla.

### **Вступ**

Карабі-яйла являє собою плато заввишки 700-1200 м над р.м., нахилене з півдня на північ та дуже закарстоване. Тут спостерігається чергування виступів (хребтів часто з урвистими схилами) і улоговин з карстовими заглибленнями у вигляді ліюк, колодязів, шахт, печер. Різке чергування денудаційних та акумуляційних форм рельєфу, карстоутворення дає підставу розглядати Карабі-яйлу як динамічний, певним чином організований екоспростір ландшафтного рівня, що являє собою комплекс ступінчастого нагірного плато з карстовими формами [9]. Велика різноманітність форм рельєфу є унікальним полігоном для дослідження просторової диференціації та процесів розвитку біотопів з позицій термодинамічних, синергетичних підходів.

Розвиток карсту можна розглядати як динамічний процес у напрямку збільшення диференціації складових елементів, що виводить систему з рівноваги і при цьому виконується певна «робота», яка може бути оцінена в енергетичних одиницях. Величина та інтенсивність цієї «роботи» залежать від кількості опадів і характеру їх розподілу в просторово-часовому вимірі, специфіки геологічних відкладів та їх здатності до карстоутворення,

орографічних особливостей та базису ерозії, специфіки рослинно-грунтового покриву, що протидіє ерозійним процесам, а також від впливу антропогенних факторів (надмірний випас худоби, штучне заліснення тощо). Чим менша площа ділянки, крутіші схили, більша кількість опадів, тим інтенсивність процесів вища, і в результаті формуються глибокі карстові утворення - колодязі, шахти, печери. Інтенсивність і масштабність цього процесу можна оцінити за відношенням:

$Eh/Es$ ,

де  $Es$  – енергія, що відображає «роботу» на площі карстової ділянки,

$Eh$  – енергія вертикальної спрямованості процесів.

Якщо  $Es$  наростає швидше ніж  $Eh$ , то це призводить до зниження ступеня неурівноваженості системи, тобто процес розвитку карсту згасає [7].

Зі зменшенням кількості опадів, зниженням крутизни схилів, розширенням площі, тобто збільшенням показника  $Es$  інтенсивність цих процесів знижується, хоча сумарна величина «роботи», витраченої енергії може бути і більшою. При досягненні певного порогу настає момент, коли при даній кількості опадів, відповідній крутизні схилів продукти денудації акумулюються на дні і форму-

ються лійки, внаслідок чого там накопичується ґрунт і при достатньому зволоженні розвиваються лучні рослинні угруповання.

При подальшому зниженні інтенсивності цих процесів, розширенні площі і зменшенні крутизни схилів ( $E_h \rightarrow 0$ ) розвиток екосистем спрямований до рівноважного стану. Це зумовлює мінімізацію різноманітності біотопів.

Отже, залежно від типу карсту (лійка, колодязь чи шахта) відношення  $E_h/E_s$  є різним. Оскільки у колодязях чи шахтах – вузьких вертикальних карстових утвореннях завглибшки понад 20 м – біотична складова втрачається, то об'єктами наших досліджень є лійки з певним розподілом рослинних угруповань від вершини до днища, тобто ті, що відображають закономірності диференціації біотопів.

Для дослідження диференціації екосистем та градієнту їх змін, що є рушійною силою відповідних процесів, необхідно оцінити потенціали екосистеми на «полюсах», тобто на вершині лійки та її днищі. Теоретично оцінити такий потенціал та інтенсивність процесів можна було б за показниками енергії, однак це складне завдання, що потребує відповідних геофізичних досліджень, хоча такі дослідження щодо процесів карстоутворення проводяться [2].

Ми ж пропонуємо інший підхід, який ґрунтується на заміні енергетичних показників показниками екофакторів. При цьому проблема полягає у виборі таких екофакторів та їх показників, які повинні мати кількісні одиниці виміру, а також доступного способу їх отримання. Для цього нами використано бальні їх оцінки, отримані на основі методики синфітоіндикації, що ґрунтується на показниках фітоценозів, які відображають специфіку екологічних умов і є індикатором їх змін [6].

Синфітоіндикація – один із підходів та методів оцінювання стану та динаміки екосистем, які можна відобразити в кількісних показниках. Аналіз такої інформації, характер розподілу і залежності відображають важливі закономірності, інтерпретація яких забезпечує використання термодинамічних та синергетичних підходів.

Один із аспектів застосування синергетичних підходів базується на використанні фрактального аналізу для оцінки територіальної «організованості» карстового ландшафту. Суть такого аналізу полягає в тому, що фрактали розглядають як елементи форм рельєфу, множина яких утворює подібну систему більшого розміру, тобто відображає ієрархічність структури. Для оцінки такої множини необхідна репрезентативна вибірка мезорельєфних форм, зміна яких відображає градієнт показників певних екофакторів і характеризує ландшафт. На основі цього ми можемо

– оцінити мінімальні й максимальні показники кожного із факторів;

– оцінити градієнт (ступінь падіння чи зростання) показників того чи іншого фактора по відношенню до схилів певної експозиції та крутизни; оцінити градієнт територіальних (ландшафтних) змін по відношенню до всієї площі яйли, теоретично розрахувати щільність карстових утворень;

– прогнозувати можливі тенденції змін.

### Методика досліджень

З метою дослідження закономірностей диференціації біотопів 24-27.06.1980 було закладено профіль завдовжки 5 км від середини Карабі-яйли до південного її краю з північного заходу на південний схід. На профілі фіксувалася довжина, крутизна, експозиція схилів і характер розподілу рослинних угруповань, що описувалися за стандартною геоботанічною методикою. Геоботанічні описи було введено в базу даних TURBOVEG 2.90 з подальшою обробкою даних в програмі DJUCE 7.0 [16]. З метою визначення кількісних показників екофакторів використано методику синфітоіндикації [6]. Бальну оцінку описів за екологічними факторами здійснено за допомогою екологічних шкал Я.П. Дідуха [14] в програмі JUICE. Показники екологічних факторів та всі подальші розрахунки отримано за допомогою програми Statistica 7.0 [15]. На профілі побудовано графіки, лінія яких відображає середні значення на рівні відповідних біотопів.

### Об'єкт досліджень

Карабі-яйла – гірський масив у східній частині Головного пасма Кримських гір, найбільша за площею (129 км<sup>2</sup>) кримська яйла. На заході відокремлена від Долгоруківської яйли та Демерджі-яйли долинами рік Суат та Бурульча, а зі сходу від лісового пасма гір – долинами р. Тана-Су та Біюк-Карасу. Її максимальна ширина із заходу на схід 11,9 км, а з півночі на південь – 10 км. Вважається, що середня висота цієї яйли 1000 м над р.м., проте її масив розташований у межах висот від 700 до 900 м над р.м., поступово піднімається на південь до найвищої точки - г. Таш-Коба (1262 м) і круто обривається вниз. Її вершина платоподібна, безліса.

Це дуже сильно закарстоване плато, складене верхньорурськими вапняками (коефіцієнт закарстованості 2,5). Тут виявлено близько 4500 улоговин та 1555 лійок (щільність 75 шт. на 1 км<sup>2</sup>), каррові поля, 250 печер, колодязів, шахт до кількох сот метрів завглибшки, найбільша з них Солдатська, 517 м [1,10].

Плато яйли можна розділити на три частини: північну (700-800 м над р.м.), де спостерігаються незначні широкі зниження та вузькі підвищені хребти, незначні, хоча подекуди досить глибокі карстові заглиблення; центральну (800-1000 м над р.м.), що має найвищу закарстованість з численними лійками діаметром до 50-200 м, глибиною 40-50 м, коло-

дзями, шахтами; південну (900-1200 м над р.м.), де рельєф поступово підвищується, але підняття й хребти, які простягаються з північного сходу на південний захід, обриваються уступами заввишки до 50 м.

Кожна певним чином орографічно обмежена територія може розглядатися як урочище, що представлено комплексом фацій, де процеси денудації змінюються акумулятивними та ґрунтоутворювальними, а в окремих випадках розвивається підземний карст. Залежно від розміру та глибини цих утворень процеси мають різну активність та потужність.

Клімат Карабі-яйли помірно холодний, характеризується середньорічною температурою 6,3° С (середня t° січня – 3° С), сума активних температур (>10° С) 1800-1900° С, річна кількість опадів 595 мм, із яких найбільше (381 мм) випадає у вегетаційний період (квітень-жовтень), а відношення до холодного періоду становить 0,56. Випаровування (реальне) тут досягає 420 -440 мм/рік [3, 11, 13], а випаровуваність (максимально можлива) – 800 мм/рік, у зв'язку з чим відношення кількості опадів до цього показника (595/800) становить 0,74, що свідчить про посушливий клімат, тобто дефіцит зволоження, який підсилюється специфікою карбонатних порід, які погано утримують вологу. Показник континентальності дорівнює 135,5%, що в рівнинній частині України відповідає південній частині лісостепової зони, а показник омброрежиму – 205, що відповідає її центральній частині.

При цьому важливим є те, що за 110 років кількість опадів на яйлах зросла на 45 мм, хоча за даними А.В. Пенюгалова [12] для початку ХХ ст. середньорічна кількість опадів становила 491 мм, а тепер – 595 мм за рік, і характер їх розподілу відрізняється певною циклічністю. Середньорічна температура за цей період зросла на 0,5° С. Тобто спостерігається гумідиція клімату, проте загалом його характеризують як семігумідний [13].

Такі основні орографічні та кліматичні умови визначають характер карстоутворення.

### Результати досліджень

Ландшафт Карабі-яйли не вирізняється великим різноманіттям біотопів, хоча їх розподіл досить строкатий (рис. 1). Тут відсутні водні, болотні біотопи, а найвологішими є луки. Специфіка луків полягає в тому, що вони трапляються у вигляді фрагментів по днищах і схилах карстових лійок діаметром кілька десятків метрів.

Для оцінки градієнта змін показників екофакторів проаналізуємо розподіл рослинних угруповань по північному та південному схилах карстових лійок від вершини до днища. На днищі – лучні угруповання класу *Molinio-Arrhenatheretea* (ас. *Trifolio (pratensis)-Brizetum elatioris* та *Trifolio (pratensis)-Brizetum elatioris* (біотопи 1, 2), на схи-

лах та вершині – степові угруповання *Festuco-Brometea* (союз *Adonidi-Stipion tirsae* – біотопи 3, 4), або, якщо це гребінь, – хамефітні томіляри союзу *Carici humilis-Androsacion* (біотопи 5, 6), які по кам'янистих схилах спускаються до основи. На відслоненнях рослини поодинокі трапляються у тріщинах скель, такі угруповання відносяться до класу *Asplenieta trichomanis* (*Asplenion rutaemurariae*). Подекуди на днищах лійок формуються куртини граба (біотоп 7). На основі геоботанічних описів усіх типів угруповань (за винятком маловидових *Asplenium ruta-muraria*) з подальшим використанням методики синфітоіндикації розраховуємо показники екофакторів.

Дані розрахунків (середні, мінімальні та максимальні величини) наведені у табл. 1.

Наступний етап полягає в оцінюванні градієнта показників кожного фактора. Спочатку знаходимо різницю між показниками угруповань вершини схилу та днища для південних і північних схилів, яку ділимо на показник відстані між цими угрупованнями, відображений на профілі, що характеризує градієнт змін. При цьому слід зауважити, що така відстань не є горизонтальною проекцією, а реальною, бо отримана нами за допомогою мірної стрічки.

Знаючи крутизну схилів, можна також розрахувати горизонтальну проекцію як:

$$y = x \cdot \cos \alpha,$$

де  $y$  – горизонтальна проекція;

$x$  – гіпотенуза схилу, виміряна за допомогою стрічки;  
 $\cos \alpha$  – крутизна схилу в градусах.

У північній частині яйли урвища в лійках мають північно-східну експозицію, середня довжина північно-західного схилу становить 34,4 м, південно-східного – 28,1 м, натомість у південній частині яйли урвища мають південно-східну експозицію, північно-західні схили простягаються на 23,8 м, а південно-східні на 27,8 м. Тобто південно-східні схили усіх лійок мають майже однакову довжину, а північно-західні в південній частині коротші майже на 10 м, що свідчить про вищу ступінь диференціації останньої (рис. 2).

Наступний етап роботи полягав у розрахунку градієнтів змін кожного з екофакторів цих схилів, що характеризують ступінь диференціації біотопів. Для цього на основі методики синфітоіндикації оцінено показники угруповань днищ і вершин кожної лійки, а отриману різницю поділено на довжину схилу. Встановлено, що на кожні 10 м залежно від експозиції та місцезнаходження лійки зміни показників коливаються від 1,08 (Са) до 0,115 бала (Тм). Отже, едафічні фактори змінюються в ширшому діапазоні, ніж кліматичні (табл. 1).

На основі отриманих даних було проведено оцінку змін показників факторів залежно від положення та експозиції схилів. Встановлено, що

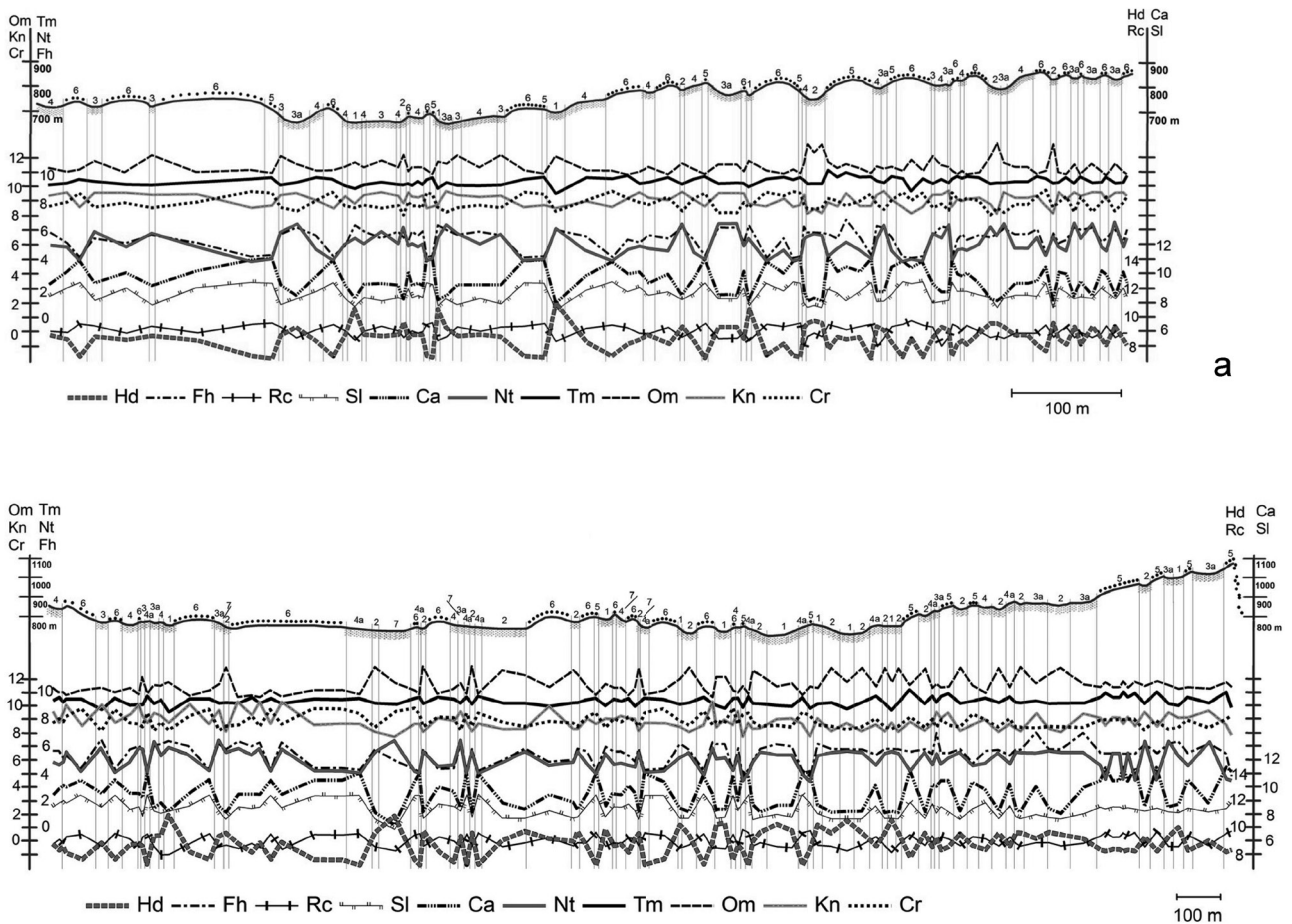


Рисунок 1. Еколого-ценотичний профіль Карабі-яйли:

1, 2, 3, 3а, 4, 4а, 5, 6, 7 – типи біотопів (наведені у тексті). Умовні позначення характеристик ґрунту (тут і в табл.1): Hd - вологість; Fh - змінність зволоження; Rc - кислотність; Sl - сольовий режим; Ca - карбонатність; Nt - вміст нітрогену; Tm - терморегімі; Om - омброрегімі; Kn - континентальність; Cr - кріорегімі.

Таблиця 1. Характеристики провідних екофакторів, що репрезентують градієнт змін Карабі-яйли

Фактор	Максимальне значення	Мінімальне значення	Різниця	Зміна показників екофакторів на 10 м	Кількість умовних ліжок, що репрезентують градієнт змін екофактора на яйлі
Вологість (Hd)	9,639	7,153	2,54	0,597	4,25
Змінність зволоження (Fh)	7,080	3,810	3,27	0,512	5,39
Аерація (Ae)	6,490	4,820	1,67	0,446	3,74
Кислотність (Rc)	9,820	8,300	1,52	0,301	5,05
Сольовий режим (Sl)	9,400	7,710	1,69	0,423	4,00
Карбонатність (Ca)	11,430	8,090	3,34	0,841	3,97
Вміст нітрогену (Nt)	6,200	3,620	2,58	0,619	4,17
Терморегімі (Tm)	10,310	8,670	1,64	0,197	8,32
Омброрегімі (Om)	12,690	9,520	3,17	0,468	5,77
Континентальність (Kn)	11,400	7,690	3,71	0,437	3,49
Кріорегімі (Cr)	9,760	8,170	1,59	0,383	4,15
Середнє значення					4,75

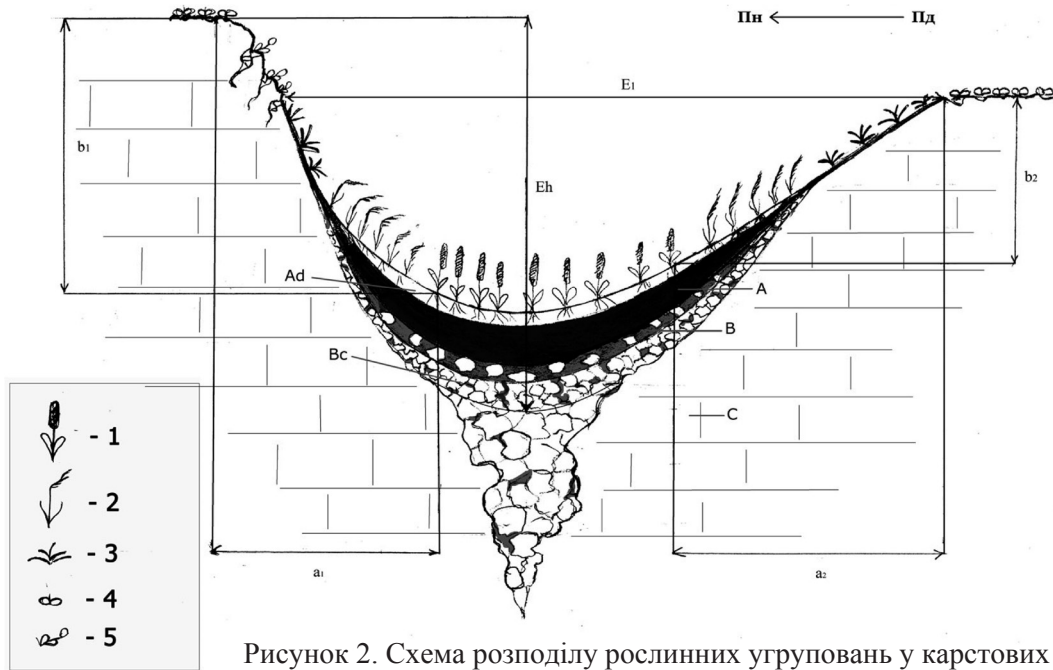


Рисунок 2. Схема розподілу рослинних угруповань у карстових лійках

Умовні позначення: ширина південного (a1) та північного (a2) схилів; глибина південного (b1) та північного (b2) схилів; E1- енергія фактора структури; Eh- енергія фактора дії; Ad - дерновий горизонт ґрунту; A - гумусовий горизонт; B - перехідний горизонт з наявністю гумусного матеріалу; Bc- нижній перехідний горизонт з переважанням материнської породи; C – щільні верхньоюрські вапняки. Угруповання 1- *Molinio-Arrhenatheretea*; 2 – *Adonido-Stipion tirsae*; 3 – *Carici humilis-Androsacion*; 4 – *Teucrio polii – Koelerietum lobatae*; 5 – *Asplenion rutae-murariae*.

різниця між схилами лійок північної частини едафічних факторів дещо вища (0,078-0,182), ніж південної частини яйли (0,006-0,132), але загалом показники досить низькі. Натомість різниця між цими частинами яйли для схилів різної експозиції значно більша (0,085-0,589) та (0,019-0,298). При цьому лійки північної частини Карабі-яйли мають більшу різницю (0,589), ніж південної (0,298).

Далі аналізуємо амплітуду зміни показників екофакторів на 10 м від вершини до дна лійок, вона менше одного бала і досягає максимуму за вмістом карбонатів у ґрунті (Ca=0,841 бал). Показники вологості, змінності зволоження та вмісту нітрогену в ґрунті, хімічні характеристики коливаються у межах 0,301-0,446 бала. Із кліматичних найвищі значення має омброрежим (0,468 бала або 100 мм опадів), який визначає гідротермічні умови, характер розподілу угруповань і корелює з іншими факторами, а найнижчі – власне терморежим (0,2 бала), що не залежить від кількості опадів. У абсолютних величинах це відповідає 1 ккал/см<sup>2</sup>рік, або 40 МДж/см<sup>2</sup> рік. Континентальність клімату знижується на 10%, кріорежим на 1,5°C [6].

Із цих показників зрозуміло, що найбільше диференційне значення має омброрежим, який залежить як від температури, так і кількості опадів, що випадають і випаровуються.

На основі зміни показників екофакторів лійок можна оцінити характер структурованості карстових утворень яйли. Знаючи амплітуду зміни показників на 10 м, можна розрахувати, скільки таких

амплітуд вміщується в амплітуду зміни факторів для яйли загалом. Для цього знаходимо різницю максимальних і мінімальних значень факторів (табл. 1). Розділивши цей показник на градієнт змін факторів 10 м (питомий градієнт), ми отримуємо умовну кількість лійок, які репрезентують весь градієнт змін (4,75). Знаючи довжину профілю (близько 5 км), на якому було зафіксовано 85 карстових лійок, можна порахувати, що профіль містить 17 репрезентативних відрізків, кожна довжиною 294 м. Перевівши ці лінійні показники у площинні, отримуємо величину 900 м<sup>2</sup> для 5 карстових лійок. Це означає, що на площі 1 км<sup>2</sup> у середньому вміщується 56 карстових лійок, а на всій території яйли (129 км<sup>2</sup>) їх має бути 7224.

За даними Б.О. Вахрушева [1] максимальна кількість лійок на 1 км<sup>2</sup> - 75, а загалом на яйлі нараховується 6305 лійок, шахт, колодязів, печер, що дорівнює 87% від розрахованого нами показника, тобто похибка становить лише 13%, а враховуючи те, що профіль було закладено лише у південній, найбільш закарстованій частині яйли, ця похибка не перевищує 10%.

Розглянувши просторово-територіальні аспекти диференціації ландшафту Карабі-яйли, перейдемо до оцінки динамічних аспектів та механізмів функціонування карстових екосистем.

Як зазначено вище, верхні частини схилів, хребти, де відбуваються процеси денудації, характеризуються відсутністю ґрунту, а накопичення в тріщинах органічних залишків та їх мінераліза-

ція сприяє формуванню угруповань типу томілярів, де переважають хамефіти зі стрижневою кореневою системою і плагіотропними, рідше злегка ортотропними пагонами. Їх проективне покриття від 10 до 60%. Ці угруповання відносяться до союзу *Carici humilis-Androsacion ac.Potentilletum depressae* та *Teucro polii-Koelerietum lobatae* nom. prov. Це стабільні біотопи, для яких не характерні ендегенні сукцесії, процеси ґрунтоутворення, тому що вони формуються у посушливих умовах, на безплідних ґрунтах, мінералізованих субстратах, тобто в умовах постійного відтоку органіки, яка не акумулюється. Їм властиві висока диференціація екологічних умов, наявність великої кількості ендемічних видів, низька їх дисперсія тощо.

Нижче, за умови зниження інтенсивності денудаційних процесів і наявності елювіальних та делювіальних відкладів, формуються степові угруповання з домінуванням дернинних або короткочореновищних злаків (*Stipa tirsae*, *Festuca rupicola*, *Bromopsis cappadocica*) та різнотрав'я (*Filipendula vulgaris*) союзу *Adonidi-Stipion tirsae* асоціації *Adonidi-Stipetum tirsae* та *Trifolio montanae-Stipetum tirsae* nom. prov.).

У таких умовах відбуваються процеси ґрунтоутворення і формуються гірсько-лучні чорноземовидні ґрунти, які мають дерновий (Ad), невеликої потужності гумусовий (A), перехідний горизонт з наявністю ґрунту між уламками вапнякових порід (B), який з глибиною змінюється уламками карбонатів, де ґрунт займає проміжки між ними (Bc), і нарешті материнську основу становлять щільні карбонатні верхньоюрські вапняки (C) (рис. 2). Вміст гумусу у таких ґрунтах становить 6-10%, він розкладається до гумінових кислот, що утворюють малорухливі сполуки з кальцієм, мають високу вбірну ємність основ (до 80 мг-екв. на 100 г ґрунту), ППК насичений Ca та Mg, реакція від слаболужної до слабокислої (рН=6,5-7,3) [8].

Нижче, на днищах лійок розвиваються лучні угруповання *Trifolio (pratensis)-Brizetum elatioris* та *Helictotricho (compressi)-Bistortetum officinalis*.

З накопиченням органіки утворюються гірсько-лучні ґрунти, які характеризуються чергуванням таких самих горизонтів, але тут спостерігається наскрізне промочування атмосферними опадами, які проникають вглиб, потужність гумусового горизонту сягає до 80 і більше см, вміст гумусу досягає 10-25%, він фульватного або гумусо-фульватного типу, реакція кисла (рН 6,0-6,5), ППК ненасичений основами [8]. Для рослинності, що формується на основах [8]. Для рослинності, що формується на розвинутих ґрунтах, властиві ендегенні сукцесії зі зміною відповідних стадій. Промивний режим та кисле середовище сприяють розвитку карстових процесів.

На думку Б.О. Вахрушева [2], карстовий процес запускає корозія, спричинена розкладанням каль-

циту, з якого складені верхньоюрські вапняки. При зниженні рН, підвищенні температури реакція підсилюється, розчинність кальциту збільшується, він вимивається. Завдяки дії гравітаційних сил та ерозії відбувається процес карстоутворення.

Натомість природний розвиток рослинного покриву спрямований на протидію цим процесам у напрямку утворення стійких ценозів. Це зумовлено тим, що зовнішня будова рослин, задерніння та формування розгалуженої кореневої системи знижують інтенсивність як поверхневого, так і глибинного стоку, сприяють формуванню рендзинів та чорноземовидних ґрунтів, які, з одного боку, адсорбують та утримують вологу, а з іншого, – нейтралізують кислотність опадів, послаблюють процеси корозії, тобто підвищують екологічну рівновагу і сприяють стабілізації функціонування екосистем, яка настає, за даними Б.О. Вахрушева [2], при рН 8,4.

Хоча закономірності розвитку ценозів добре досліджені, що відображено у вченні про сукцесії, проте раніше цей процес трактували як лінійний, спрямований на досягнення стійкого клімаксового стану, однак не все так однозначно. З позицій синергетичних підходів ми маємо розглядати цей процес як нелінійний, у якому хаотична поведінка елементів детермінована таким чином, що забезпечує певну структурованість, організацію і певну векторизацію, зумовлену характером аттрактора.

Такий розвиток зумовлений зміною поведінки елементів системи, елімінацією одних і появою інших елементів, коливальними ефектами (флуктуаціями), які в одних випадках призводять до згасання, а в інших спричиняють турбулентні явища, катастрофи, якісні зміни. При цьому перехід від одного стану до іншого система здійснює за правилами «петлі гістерезиса» - тобто накопичення певної кількості преадаптивних ознак, властивостей, необхідних для запуску і підтримання відповідного процесу. Така «петля» формується за рахунок зміни впливу як зовнішніх факторів, так і формування внутрішніх преадаптивних форм у рослин. Внаслідок цього розвиток може або відхилитися від лінійного в той чи інший бік, або можуть відбуватися «біфуркації», що якісно змінюють цей процес.

Такий нелінійний процес важко прогнозувати, бо він детермінується не лише зовнішніми факторами, а й внутрішніми змінами організації ценозів, які мають певну автономію по відношенню до зовнішнього впливу і навіть можуть певним чином трансформувати у певних межах дію зовнішніх чинників.

Можна прогнозувати, що на денудаційних елементах ландшафту, в місцях постійної ерозії, відтоку речовин формуються типи томілярних угруповань, у яких сукцесійні процеси відбуватимуться не будуть, а за наявності елювіально-делювіальних

відкладів, накопичення ґрунту спостерігатимуться ендоекогенетичні сукцесії в напрямку формування луків та листяних лісів. У таких екосистемах як карстові лійки важливим є оцінка співвідношення між цими типами екосистем.

У зв'язку з викладеним важливим аспектом даних досліджень є проблема заліснення яйли.

Існує думка, що ліси краще ніж інші типи угруповань забезпечують рівновагу екосистем, зберігають запас вологи, сприяють ґрунтоутворенню тощо, що використовується як аргумент заліснення яйли [4, 10]. Насправді, це не зовсім так, що потребує пояснення. В екосистемі існує два блоки депонування енергії: біотичний і ґрунтовий (педосферний) і саме їх співвідношення забезпечує рівновагу, тому проблема полягає у збереженні такого співвідношення. В лісових екосистемах максимум енергії депонується в біотичному блоці (деревині). Під наметом сосни відбувається процес опідзолення, суть якого полягає у зниженні рН, розкладанні гумусу до гумінових кислот та мінеральних форм азоту, їх кращому засвоєнні рослинами або вимиванні в глибші горизонти. Енергозапас таких ґрунтів у кілька разів нижчий, ніж біотичного блоку.

Зовсім по-іншому функціонують екосистеми степового типу. Енергетичний запас біотичного блоку в них становить 30 МДж/м<sup>2</sup>, що нижче лісового у 16 разів. При цьому в ксерофітних ценозах біомаса підземної частини в 3-5 разів вища від надземної, яка оновлюється щорічно. Однак, основні запаси енергії в степових екосистемах депонуються у чорноземних, багатих гумусом ґрунтах. Цей запас становить 1130 МДж/м<sup>2</sup>, що в 3,5 разів вищий, ніж у лісових ґрунтах.

Процес формування чорнозему полягає у високій кількості енергоємного гумусу (9-12%), в якому гумінові кислоти формують нерозчинні сполуки з кальцієм, тому ці форми азоту недоступні для засвоєння рослинами. Якщо оцінювати сумарно енергетичні запаси ґрунту і підземної частини біоти, то сума становить 1160 МДж/м<sup>2</sup> [5].

Відомо, що під листяними насадженнями відсоток енергетичних запасів у ґрунті знижується в два рази. При штучній посадці дерев, особливо сосни, що формує потужний шар підстилки, яка розкладається протягом 5-7 років, розріджується травостій, особливо дернинних злаків, а відтак зростає випаровуваність, аерація ґрунту, знижується рН до кислої реакції, збільшується розчинення солей, які вимиваються у глибші горизонти, швидше розкладається і мінералізується гумус. Внаслідок цього енергетичний потенціал та коагулятивні властивості ґрунтів знижуються в 3-5 разів. Тому штучне розведення лісів у таких випадках означає, що загальні запаси енергії екосистем ми не збільшуємо, а переводимо із педосферного блоку в біотичну складову. При цьому не завжди ефективно, бо таке порушення рівноваги в той чи інший бік призводить до загального зниження енергетичного балансу екосистеми.

### Висновки

Проведено дослідження диференціації провідних едафічних і кліматичних чинників та антропогенного впливу на формування крстового ландшафту Карабі-яйла із застосуванням методу синфітоіндикації

Нині спостерігається тенденція до підвищення температури і зростання кількості опадів (при цьому не виключається збільшення кількості кислих дощів), що разом із інтенсивним випасанням овець протягом останніх кількох століть спричинило деградацію ґрунтового покриву. В середині ХХ ст. збільшилися площі штучних насаджень сосни, кора та опад хвої якої мають кислу реакцію. Зважаючи на це, можна прогнозувати, що такий кумулятивний ефект сприятиме посиленню карстових процесів на яйлі, а відтак зниженню її водорегулюючої ролі, що може негативно позначитися на екологічному стані екосистем Гірського Криму та Південного берега Криму, особливо екосистем середземноморського типу, які досить чутливі до таких змін, оскільки знаходяться тут на північній межі свого поширення.

### Література

1. Вахрушев Б. А. Морфологический анализ поверхностного карста Крымских гор // Культура народов Причерноморья. – 2002. – № 35. – С. 15-20.
2. Вахрушев Б.А. Роль гидрохимических превращений в карстовом геоморфогенезе // Спелеология і карст. – 2010. – №4. – С. 33-43.
3. Ведь И. П. Климатический атлас Крыма. – Симферополь: Таврия-Плюс, 2000. – 120 с.
4. Ведь И. П. Климат и облесение крымских нагорий / ред. А.Н. Олиферов.- Симферополь: ТНУ, 2007. – 133 с.
5. Дідух Я.П. Еколого-енергетичні аспекти у співвідношенні лісових і степових екосистем // Укр. ботан. журн. – 2005. – 62, №4. – С. 455-467.
6. Дідух Я.П. Основи біоіндикації. – К.: Наук. думка, 2012. – 342 с.
7. Дідух Я.П., Павлюк В.С. Ландшафтно-екологічні особливості розподілу рослинних угруповань у карстових лійках Прутсько-Дністровського Лісостепу // Укр. ботан. журн. – 2008. – 65, №4. – С. 495-503.
8. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма и их рациональное использование. – Симферополь: ДОЛЯ, 2004. – 208 с.
9. Ена В.Г., Ена Ал. В., Ена Ан. В. Заповедные ландшафты Тавриды. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2004. – 424 с.
10. Олиферов А.Н. Яйла: география, лес, вода. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2011. – 192 с.

11. Парубець О.В. Изменения и колебания климата // Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX веке-начале XXI века / под ред. В.А. Бокова. – Симферополь: ДОЛЯ, 2010. – С. 88-99.
12. Пенюгалов А.В. Климат Крыма: Опыт климатического районирования. – Симферополь: Крымгосиздат, 1930. – 178 с.
13. Ретеюм А.Ю. Климат Крыма в прошлом, настоящем и будущем // Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX веке-начале XXI века / под ред. В.А. Бокова. – Симферополь: ДОЛЯ, 2010. – С. 67-87.
14. Didukh, Ya.P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. – Kyiv: Phytosociocentre, 2011. – 176 p.
15. StatSoft, Inc. (2005): STATISTICA for Windows. Version 7.0. – URL: <http://www.statsoft.com>.
16. Tichy L. JUICE, software for vegetation classification // J. Veg. Sci. – 2002. – 13. – P. 451-453.

#### Транслітерована література

1. Vahrushev B. A. Morfologicheskij analiz poverhnostnogo karsta Krymskih gor // Kul'tura narodov Prichernomor'ya. - 2002. - № 35. - S. 15-20.
2. Vahrushev B.A. Rol' gidrohimicheskikh prevraschenij v karstovom geomorfogeneze // Speleologiya i karst. -2010. - №4. - S. 33-43.
3. Ved' I. P. Klimaticheskij atlas Kryma. - Simferopol': Tavriya-Plyus, 2000. - 120 s.
4. Ved' I. P. Klimat i oblezenie krymskih nagorij / red. A.N. Oliferov.- Simferopol': TNU, 2007. - 133 s.
5. Didukh Ya.P. Ekolooho-enerhetychni aspekty u spivvidnoshenni lisovykh i stepovykh ekosystem // Ukr. botan. zhurn. – 2005. – 62, #4. – S. 455-467.
6. Didukh Ya.P. Osnovy bioindykatsiyi. – K.: Nauk. dumka, 2012. – 342 s.
7. Didukh Ya.P., Pavlyuk V.S. Landshaftno-ekolohichni osoblyvosti rozpodilu roslynnykh uhrupovan' u karstovykh liykakh Prut-s'ko-Dnistrovs'koho Lisostepu // Ukr. botan. zhurn. – 2008. – 65, #4. – S. 495-503.
8. Dragan N.A. Pochvennye resursy Kryma i ih racional'noe ispol'zovanie. - Simferopol': DOLYa, 2004. - 208 s.
9. Ena V.G., Ena Al. V., Ena An. V. Zapovednye landshafty Tavriidy. - Simferopol': Biznes-Inform, 2004. - 424 s.
10. Oliferov A.N. Yajla: geografiya, les, voda. - Simferopol': Biznes-Inform, 2011. - 192 s.
11. Parubec O.V. Izmeneniya i kolebaniya klimata // Transformaciya landshaftno-ekologicheskikh processov v Krymu v HH veke-nachale HH veka / pod red. V.A. Bokova. - Simferopol': DOLYa, 2010. - S. 88-99.
12. Penyugalov A.V. Klimat Kryma: Opyt klimaticheskogo rajonirovaniya. - Simferopol': Krymgosizdat, 1930. - 178 s.
13. Retejum A.Yu. Klimat Kryma v proshlom, nastoyaschem i buduschem // Transformaciya landshaftno-ekologicheskikh processov v Krymu v HH veke-nachale HH veka / pod red. V.A. Bokova. - Simferopol': DOLYa, 2010. - S. 67-87.
14. Didukh, Ya.P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. - Kyiv: Phytosociocentre, 2011. - 176 p.
15. StatSoft, Inc. (2005): STATISTICA for Windows. Version 7.0. - URL: <http://www.statsoft.com>.
16. Tichy L. JUICE, software for vegetation classification // J. Veg. Sci. - 2002. - 13. - R. 451-453.

Інститут ботаніки Національної академії наук України, Київ

Стаття надійшла до редакції 28.10.2013

УДК 551.444:504.43

**А.Б. Климчук, С.В. Токарев**

### **ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПОНИРОВАННОГО КАРСТА**

**А.Б. Климчук, С.В. Токарев**

**ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПОНИРОВАННОГО КАРСТА**

Украинский Институт спелеологии и карстологии при Таврическом национальном университете имени В.И. Вернадского, Симферополь

Карстовые водообменные системы характеризуются рядом специфических особенностей, обуславливающих их высокую чувствительность к загрязнениям. Несмотря на значительную долю карстовых подземных вод в структуре водоснабжения отдельных регионов Украины, существующие нормативные документы по охране подземных вод не учитывают особенности карстовых водообменных систем. В статье обосновывается необходимость применения специального подхода к организации охраны ресурсов подземных вод в карстовых районах. Его ключевыми особенностями являются: 1) выполнение специальной (адаптированной к условиям карста) оценки уязвимости подземных вод к загрязнениям во всей области питания; 2) установление зон охраны водозаборов из подземных источников по принципу не поясной, а дискретной конфигурации, в соответствии с реальным распределением зон высокой уязвимости, направлений и скоростей движения карстовых вод.

**Ключевые слова:** карстовая водообменная система; уязвимость подземных вод; зона санитарной охраны; водозабор.

© А.Б. Климчук, С.В. Токарев, 2014