

## СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО КЛАСИФІКАЦІЇ БІОТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

---

*Спостерігаючи за еволюцією класифікації, можна констатувати, що вона дедалі більше відступає від оперування типами, а використовує оцінки множини. Для цього застосовується більш складний математичний апарат багатовимірної статистики. Тобто класифікація математизується. Значною мірою це зумовлено використанням комп'ютерної техніки, яка дає змогу швидко опрацювати величезні масиви інформації.*

*Ми ще не цілком усвідомлюємо, що стоїмо на порозі великих, революційних змін навіть у таких традиційних питаннях, як класифікація біологічних об'єктів.*

*Свої підходи до розв'язання цієї непростой проблеми пропонує автор статті.*

### ЗНАЧЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ

Класифікація — це операція розподілу систем (об'єктів, предметів, явищ, ознак) на елементи і їх групування по класах, що відрізняються між собою за певною ознакою чи їх сукупністю [29]. Суть класифікації полягає у встановленні відношень між елементами. Як твердять С. Боул, Ф. Хоул та Р. Мак-Крекен [3], класифікація, з одного боку, відображає мистецтво класифікування, а з другого — сучасні погляди у спеціальних галузях науки. Р. Сокал [25] вважає, що, хоча класифікація і є інтелектуальною діяльністю високого рівня, але вона не обмежується рамками людського інтелекту, а відображає фундаментальні закономірності всіх живих організмів формувати та групувати відповідні властивості за певними законами.

Значення класифікації багатогранне і виявляється в різних аспектах. На думку С.С. Розової [22, 23], вона відбиває структуру наукових знань, спосіб їх організації і виступає особливою формою досліджень. М.Я. Чупахін [27] вважає, що метод кла-

сифікації має важливе значення у синтетичному пізнанні об'єктів у процесі їх дослідження від абстрактного до конкретного. В.Д. Александрова [1] розглядає класифікацію як метод наукового пізнання. С.В. Мейєн [17] вказує, що класифікація дає змогу передбачити існування раніше не відомих об'єктів, відкриває нові властивості і залежність між ними. Ю.А. Воронін [4, 5] вважає, що класифікація у природничих науках відіграє таку саму роль, як і моделі, формули, рівняння в точних науках (фізиці, хімії, математиці). В.Л. Кожара [12] приписує їй функції аналогового моделювання.

Таким чином, класифікація посідає важливе місце у структурі природничих наук, слугує передумовою для оцінки та розв'язання наукових проблем. Розв'язуючи одні, вона породжує нові питання, і тим самим визначає перехід від одного — до іншого етапу досліджень.

Узагальнивши думки різних авторів, можна підсумувати розмірковування про значення класифікації. Отже, вона: 1) забезпечує визначення понять відповідно до правил і

законів логіки; 2) вдосконалює, упорядковує і розвиває мову науки; 3) оцінює відмінність–подібність відношень між об'єктами і пропонує спосіб виміру цих відношень; 4) забезпечує глибоке і всебічне пізнання об'єктів, розкриває їхню суть, внутрішні властивості, взаємозв'язки, закони організації; 5) виконує функції моделей і прогнозів [7]. Таким чином, класифікація — це метод теоретичного узагальнення і прогнозу. Посідаючи важливе місце, особливо у структурі природничих наук, вона забезпечує успіх і розвиток відповідних галузей.

Звичайно, класифікація повинна відповідати рівню розвитку певної науки. Вона сприяє вдосконаленню теоретичних підходів, методів, уявлень про суть понять. Подальший стимул розробки питань класифікації полягає у необхідності всебічного дослідження біорізноманіття, його структури та функцій. На наш погляд, поняття «різноманіття» — це не лише біологічна, а й загальнофілософська категорія — така сама, як простір та час. Тому навіть дивно, що це поняття залишалося на другорядних ролях, хоча такі проблеми, як диференціація, еволюція, класифікація об'єктів тісно пов'язані з категорією «різноманіття», але, з огляду на свою природну суть, не піддавалися такій математизації, як просторово-часові виміри.

Класифікація — це складна комплексна проблема, пов'язана з правилами формальної логіки, узгодженою системою наукових понять і термінів, точністю їх дефініцій, парадигмою даної науки, методологією та методами, якими вона оперує. Ми не розглядатимемо всі ці проблеми, спинимось лише на методичних аспектах даного питання.

#### ІСТОРИЧНІ ЕТАПИ РОЗВИТКУ КЛАСИФІКАЦІЇ

Є різні підходи щодо виокремлення та-ких етапів розвитку класифікації. Ю. Піаж та Б. Інельдер [21] виділяли три стадії:

- оцінка фігуральних сукупностей (візуальної подібності об'єктів);
- оцінка нефігуральних сукупностей (відношень подібності об'єктів);
- використання логічної класифікації (відношень класів згідно з правилами логіки). Ми виокремлюємо 4 етапи:
- утилітарне використання класифікації, яка давала назви об'єктам за візуальними ознаками;
- якісна оцінка різноманіття певних класів, характеристика їхніх властивостей тощо;
- кількісна оцінка подібності–відмінності об'єктів для встановлення ступеня їх близькості чи спорідненості на основі порівняння типів — монотетична класифікація;
- оцінка динаміки, змінності, функції, кількісної характеристики систем на основі оперування множиною об'єктів — політетична класифікація.

Суть останньої полягає у тому, що належність об'єктів до певного класу визначається більшістю ознак, а не однією, навіть дуже важливою. Таксономічне обґрунтування стає скоріш статистичним завданням, аніж геометричним відображенням [35].

Сьогодні, на початку ХХІ століття, ми перебуваємо між третім і четвертим етапами розвитку класифікації. Перехід до четвертого етапу зумовлений внутрішнім розвитком природничих наук, насамперед популяційним і системним підходами у дослідженні живого, необхідністю вивчення систем у русі, розвитку (що є неодмінним атрибутом біологічних наук), а також у взаємодії між іншими системами та навколишнім середовищем. Ці атрибути не можуть оцінюватися у статичних вимірах окремих об'єктів, а потребують оперування множиною, популяціями, фітоценозами, екосистемами, що розглядаються не як окремі типи, а як складні системи. Оцінка поведінки, зміни нащадків стосовно предків, взаємовідношення між організмами, їх функціонування, живлення, перетворення ними речовин та

енергії, кількісні характеристики виду, масштаби і швидкість розширення його ареалу, структура популяцій, участь видів у біоценозах, роль в екосистемах — ці питання не можуть розв'язуватися на основі оцінки одного організму, а потребують аналізу їх множинності. Тому й акценти класифікації зміщуються від конкретних організмів (типологічної монотетичної класифікації) до їх множини (системологічної політетичної класифікації). Паралельно з розвитком теорії формувалася відповідний математичний апарат, методика багатовимірної статистики, а за останні десятиліття — і застосування комп'ютерної техніки та відповідних програм, якими оволоділи біологи. Такий перехід виявився не безболісним, оскільки він знаменує зовсім нову парадигму, відмову від типологічного підходу, який не задовольняє потреби нинішніх вимог класифікації. Ці підходи вносять певні корективи у визначення поняття «класифікація». На думку У.Р. Клекка [11], класифікація множини вже не ставить так чітко проблему розподілу об'єктів на класи, а допомагає дослідникові знайти відповідь на питання: чи належить система до певного класу або наскільки вона подібна до систем даного класу?

Цей перехід породжує запитання: чи повинні ми відмовитися від типів видів, зразки яких зберігаються як еталони у гербаріях, цитуються за правилами «Міжнародного кодексу ботанічної номенклатури», чи використовувати як моделі середні показники, розраховані за правилами варіаційної статистики, що відображають припустимі норми відхилень? Адже показники середніх значень можуть істотно відрізнятися від показників типу. Інакше кажучи: чи повинні ми типові (штучно встановлені) зразки міняти на теоретично розраховані модельні, а перші — використовувати як музейні реліквії? Це питання не на часі, адже розрахунок середніх показників (ідеальної мо-

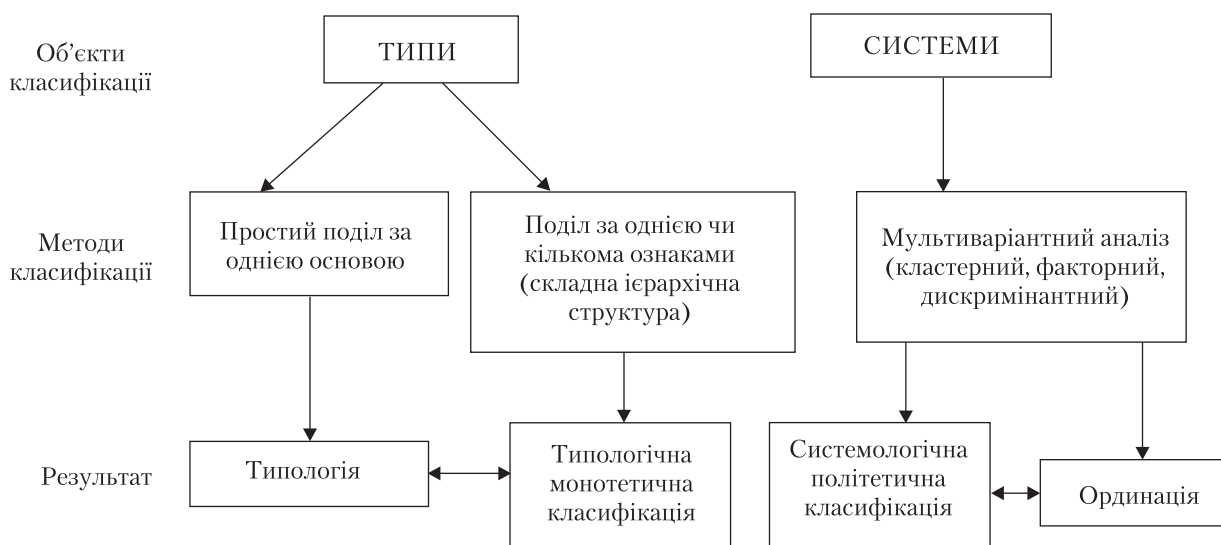
делі) залежить від широти і характеру репрезентативності вибірки, яка може коливатися у значних межах. Типовий зразок слугує внутрішнім контролем, мірилом для оцінки подібності і визначення припустимих меж варіювання. В окремих випадках він може збігатися з ідеальною моделлю, в інших — істотно варіювати за певними ознаками, але не виходити за припустимі межі (принаймні за діагностичними ознаками).

### СУТЬ КЛАСИФІКАЦІЇ

Якщо поділ обсягу поняття — це операція формальної логіки, то спосіб упорядкування елементів по класах залежить від ступеня розвитку відповідної науки, домінуючої парадигми та методичного апарату. Виходячи з цього, С.С. Розова [23] вважає: формальна логіка забезпечує лише логічну строгість поділу і не є методологією для класифікації, хоча цілком зрозуміло, що без адекватних логіко-методологічних прийомів це завдання неможливо виконати взагалі.

Класифікація охоплює такі операції: мета; вибір ознак; вибір виміру відношень (методи їх оцінки); рангування результатів [2]. Правильно сформульована мета чималою мірою забезпечує успіх класифікації, оскільки окреслює підходи до проведення всіх наступних операцій. Уже мета ставить питання визначення тих природних груп, що відображають внутрішню структуру. Однак, трактуючи структуру як спосіб відношення між елементами, можна запропонувати безліч таких способів. Отже, ми можемо класифікувати будь-які об'єкти різним способом і в результаті отримаємо різні класифікації й результати. Основну мету класифікації сформулюємо так: *відображення структури системи залежно від причинних взаємозв'язків між її складовими, що відбивають найістотніші ознаки, та впливу зовнішніх факторів з метою прогнозування її змін.*

Таблиця 1. Схема співвідношення між об'єктами, методами і структурою класифікації



Поняття відбору ознак є ключовим. Від того, наскільки ознаки відображають суть об'єкта, залежать принципи впорядкування елементів, тобто вибір основи поділу та мірила подібності [29]. Сутність ознаки лежить в основі класифікації і відбиває мету її побудови [7]. Виходячи з мети класифікації, вибирається провідна ознака (основа поділу), яка розкриває закономірності організації об'єктів, що забезпечує природність класифікації. За всієї очевидності такої постановки питання відповідь на нього далеко неоднозначна. Дискусійним моментом є відношення між сутнісною характеристикою ознак та їхнім діагностичним значенням, що часто не збігаються. Вибір основи поділу базується як на знанні сутності системи, так і на аналізі ознак, які можна використати для поділу системи, та способі їх виміру, а це може оцінити лише фахівець. І наскільки вдало розв'язується вказане питання — залежить від рівня спеціаліста.

Поняття ознаки розглядається у широкому сенсі — з позицій її кількісної характеристики (однини — монотетичні типологічні класифікації чи множини — політетичні системологічні класифікації), взаємо-

залежності та кореляції, альтернативності чи перекриття з іншими ознаками. Вибір ознак, методів обробки визначає структуру класифікації (табл. 1). Ми виокремили чотири основні структури: типізації; типологічної монотетичної класифікації; системологічної політетичної класифікації; ординації, між якими можуть бути переходи.

#### ОПЕРАЦІЇ КЛАСИФІКАЦІЇ

Першим етапом класифікації є логічна операція поділу об'єктів на класи. За принципом подібності-відмінності об'єкти виділяють з одного класу і відносять до іншого. Тому для класифікування використовують взаємовиключні, альтернативні та дискретні ознаки. Але що робити у випадку, коли ознаки накладаються або вони кількісні і змінюються поступово, без видимих скачків, чітких меж? Нерідко трапляються випадки, коли ознаки описуються невизначеними характеристиками, як, наприклад, «менший — більший», «вищий — нижчий», «коротший — довший» тощо.

Проілюструю це на прикладі діагнозу двох видів. *Silene crispata* від *S. czerei* відрізняється *більш* ксероморфним вигля-

дом (меншими, більш сизими, більш хвилястими з країв листочками, коротшими коробочками, що не висуюються з чашечки, і особливо поверхнею насінини, на якій слабо виступають згладжені, витягнуті в основі горбочки (у *S. czerei* горбочки гостровершинні).

Якщо не мати перед собою типового екземпляра *Silene crispata*, тобто точки відліку, то за таким описом визначити *S. czerei* неможливо, оскільки кількісних показників тут немає і не може бути, а є слова «більший», «менший», «коротший». Що робити, коли діагноз за одними ознаками збігається, а за іншими — ні?

Ще один приклад. Із *Gypsophila altissima* виділено *G. oligosperma* і *G. thyratica*, які відрізняються за такими ознаками. *G. oligosperma*: висота 30–100 см, з ланцетно-лопаткоподібними листками, чашечка дзвоникоподібна, 2,5–3 мм довжини, пелюстки 3,5–4 мм. Поширена в Західному Поліссі та Лісостепу, на кам'янистих відслоненнях. *G. thyratica*: висота — 35–80 см, листки лінійно-ланцетні, чашечка вузько-дзвоникоподібна, 2–2,5 мм, пелюстки — 2,5–3 мм завдовжки. Поширений у Лісостепу та Степу (степові схили, виходи вапняків). Запитання: до якого виду належить рослина з ланцетними листками, чашечкою 2,5 мм, пелюстками 3,2 мм, висотою 50 см, росте в Лісостепу на вапнякових відслоненнях?

Можна навести і приклади геоботанічних класифікацій, визначення яких доволі непросте. Візьмемо соснові та дубові ліси, пов'язані між собою переходами. Якщо побудувати дендрограму подібності цих асоціацій за домінантами, ми отримаємо одні результати (рис. 1, А), а за аналізом видового складу — цілком інші (рис. 1, Б).

У геоботаніці нерідко виникали питання про віднесення формацій до того чи іншого типу рослинності. Наприклад, *Poa angustifolia* зі співдомінуванням *Briza media* і *Stipa capillata* — це степи чи луки?

*Brachypodium pinnatum* зі співдомінуванням *Agrostis vinealis*, *Alchemilla*, *Briza media*, *Carex humilis* — це степи чи луки? *Agrostis canina* зі співдомінуванням *Carex acuta*, *C. vesicaria* й *Elytrigia repens* — це болота чи луки? Є такі проблеми і в класифікації Браун — Бланке. Їх неможливо розв'язати, якщо до синтаксону підходити з позицій розуміння його як певної, чітко відмежованої окремоті, типу. До 70-х років ХХ ст. синтаксони виділялися і визначався їхній ранг на основі характерних видів, що є аналогом виокремлення об'єктів за типами. За такого підходу багато реально існуючих угруповань залишалося поза межами класифікаційних одиниць. Запропонований новий підхід виділення синтаксонів [33] на основі діагностичних блоків, що розглядаються як деяка множина елементів, принципово змінив структуру та обсяг рангу синтаксонів, призвів до ломки традиційних стереотипів у розумінні певних одиниць.

Звичайно, популяція, вид чи фітоценоз — це складна система, множина. Для їх класифікації мають застосовуватися інші методи, прийоми обробки та методологічні концепції. Відомий біолог Е. Майр [15] писав, що використання популяційного підходу є великою концептуальною революцією у природі, і це зачіпає такі важливі напрями, як класифікація. Такі системи ми повинні розглядати не як окремоті, типи, а як множини організмів одного (популяція) чи різних (фітоценоз, екосистема) видів. Для них характерні багатовимірність і мінливість. Багатовимірність — це можливість характеристики об'єкта за допомогою багатьох параметрів (ознак). Мінливість — явище відмінності між собою навіть близькоспоріднених об'єктів [13]. Хоча цей аналіз ґрунтується на використанні класичної формальної статистики (нумерична або числова таксономія, дисперсійний і регресійний аналіз), основи якої розроблені ще в ХІХ ст., проте, якщо розподіл вибірки

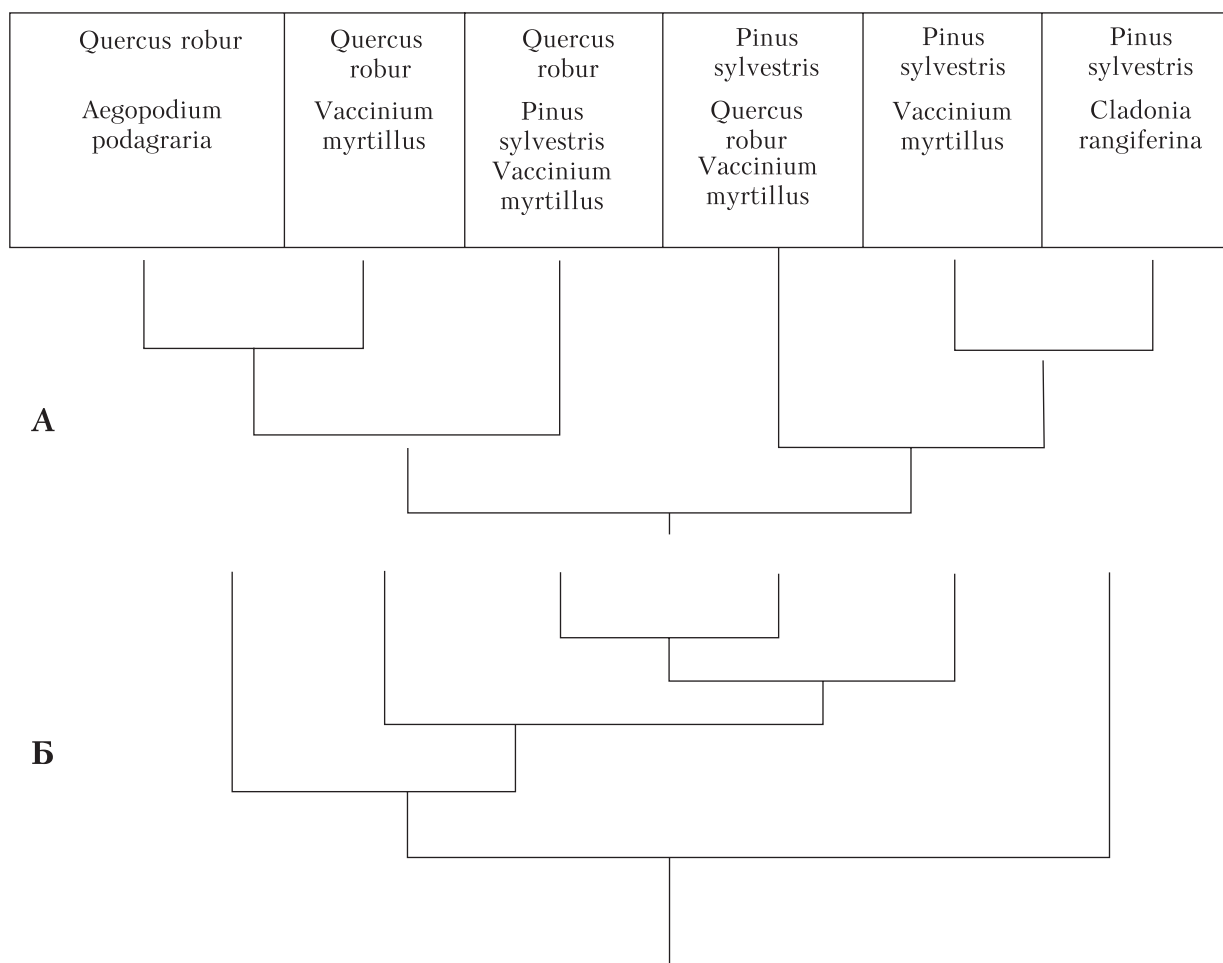


Рис. 1. Подібність соснових і дубових лісів України за домінантними видами (А) та за флористичним складом (Б)

відрізняється від нормального, то класичні методи є малоефективними і навіть можуть спотворити результати [16]. Тому застосовують нові математичні методи багатовимірної статистики (дискримінантний, факторний, кластерний аналіз тощо), що розглядаються як кількісне вираження, в тому числі морфологічного методу, у формі математичних шифрів [26, 28]. Тобто множина — це цілком нова якість, яка передбачає застосування інших математичних методів (імовірнісного аналізу, диференціальних рівнянь — для визначення середніх показників, реальних і припустимих меж відхилень показників, порівняння множини з множиною,

встановлення залежностей між ознаками, які змінюються, ймовірнісного прогнозування тощо).

Основою створення багатовимірних класифікацій є таблиці, які містять інформацію про змінні дані чи певні параметри. Власне, це є первинні матриці у тлумаченні R. McIntosh [19]. Для обробки інформації використовується потужний математичний апарат, що включає систему методів багатовимірної статистики. З метою аналізу множин розроблено відповідні методологічні підходи, апарат, методіку (цьому значною мірою сприяла комп'ютеризація). Сукупність цих методів названо «мульти-

Таблиця 2. Фрагмент флористичної класифікації угруповань класу *Erico-Pinetea*

№ синтаксону	1	2	3	4	5
<b>Д.в. ass. Coronillo coronatae-Pinetum pallasianaе</b>					
<i>Coronilla coronata</i>	V	II	.	I	.
<i>Dictamnus gymnostylis</i>	IV	.	I	.	.
<i>Galium biebersteinii</i>	III	I	.	.	.
<i>Rhus coriaria</i>	III	.	.	.	.
<i>Centaurea sterilis</i>	III	I	.	.	.
<i>Seseli dichotomum</i>	III	I	.	.	.
<i>Paeonia daurica</i>	III	I	III	.	I
<b>Д.в. ass. Viola sieheana-Pinetum pallasianaе</b>					
<i>Viola sieheana</i>	II	V	II	II	.
<i>Viola alba</i>	I	III	I	I	.
<i>Carex hallerana</i>	.	II	.	.	.
<i>Neottia nidus-avis</i>	I	II	I	II	.
<b>Д.в. ass. Orthilio secundae-Pinetum kochianaе</b>					
<i>Convallaria majalis</i>	.	I	IV	I	.
<i>Orthilia secunda</i>	.	.	IV	II	.
<i>Pyrola chlorantha</i>	.	II	III	II	.
<i>Salvia glutinosa</i>	I	.	III	I	.
<i>Viola canina</i>	.	.	III	.	.
<i>Poa nemoralis</i>	.	.	II	V	.
<i>Filipendula vulgaris</i>	.	III	.	V	.
<i>Cerastium biebersteinii</i>	.	.	I	III	I
<i>Lapsana communis</i>	.	.	I	III	.
<i>Hypericum alpigenum</i>	I	I	I	III	.
<i>Elytrigia strigosa</i>	I	I	.	III	.
<i>Potentilla micrantha</i>	.	.	.	II	.
<i>Iberis simplex</i>	.	.	.	II	.
<i>Hieracium umbellatum</i>	.	.	I	II	.
<i>Geranium sanguineum</i>	.	.	I	II	.
<b>Д.в. ass. Asphodelino-Juniperetum foetidissimae</b>					
<i>Juniperus foetidissima</i>	.	.	.	.	V
<i>Asphodeline lutea</i>	.	.	.	.	V
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	.	.	.	.	V
<i>Psephellus declinatus</i>	I	II	I	I	V

варіантним аналізом», який, власне, застосовується від 70-х років, але офіційно визнаний у 80-х. Сьогодні з даної проблеми

видано цілу низку збірників, з 1982 р. виходить науковий часопис «*Journal of Multivariate*» (вже надруковано 91 том). На основі такого аналізу будуються багатовимірні класифікації.

Назвемо ці методи: 1) факторний аналіз (метод головних компонент), що включає оцінку вимірів з метою їх скорочення, визначення лінійних комбінацій змінних, виділення особливостей і вибір найкращих змінних, візуалізацію даних; ототожнення змінних, які лежать у полі груп об'єктів; 2) кластерний аналіз — його суть зводиться до побудови різних типів дендрограм залежно від вибору показників; 3) дискримінантний аналіз (канонічний дискримінантний, лінійний дискримінантний і дискримінантний аналіз К-NNs), що дає змогу оцінити відповідність конкретного об'єкта певній групі або віднести до іншої; 4) аналіз відповідності (кореспондентний); 5) методи ординації (прямої, непрямої, градієнтний аналіз) [8, 9, 20].

Інші методи передбачають оцінку асоційованості розподілу елементів у системі, розрахунок коефіцієнтів порівнянь (Жаккара, Сьєренсена, Маргалефа), а також використання компонентів картографії (відображення концентрації елементів на площині, побудови матриць Чекановського), ординації, аналіз асиметрії тощо. Отже, результати відображаються як у цифрових показниках, так і візуально — у вигляді графіків, дендрограм, матриць тощо.

Такий математичний апарат є досить складним для ботаніків і, незважаючи на готові комп'ютерні програми, не кожен із них зможе кваліфіковано провести зазначений аналіз. Як правило, у кожному конкретному випадку вибирають найефективніші методи. Із власного досвіду можемо запропонувати такий хід аналізу, який розглянемо на прикладі класифікації угруповань *Erico-Pinetea*, розробленої нами для України. В табл. 2, що слугує первинною

Таблиця 3. Матриця: *a* — перетину, *б* — включень, *в* — флористичної подібності між синтаксонами показників видового складу угруповань *Erico-Pinetea* України

	1	2	3	4	5	6	7
а							
1	149	102	76	45	32	23	22
2		133	75	67	30	16	13
3			130	79	28	16	19
4				134	43	15	14
5					86	10	11
6						170	92
7							111
б							
1	100,0	68,5	51,0	30,2	21,5	15,4	14,8
2	76,7	100,0	56,4	50,4	22,6	12,0	9,8
3	58,5	57,7	100,0	60,8	21,5	12,3	14,6
4	33,6	50,0	59,0	100,0	32,1	11,2	10,4
5	37,2	34,9	32,6	50,0	100,0	11,6	12,8
6	13,5	9,4	9,4	8,8	5,9	100,0	54,1
7	19,8	11,7	17,1	12,6	9,9	82,9	100,0
в							
1	100	73	54,5	32	29	14	17,5
2		100	57	50	29	10,5	11
3			100	60	27	10,5	16
4				100	41	10	11,5
5					100	9	11,5
6						100	68
7							100

матрицею, наведено ступінь постійності видів у п'ятибальній шкалі, з якої легко обчислити суму балів для кожного синтаксону (класу). Наступний етап роботи полягає у створенні вторинної матриці в розумінні R. McIntosh, що дає змогу порівняти дані, тобто оцінити подібність синтаксонів. Цю операцію здійснюють так: вибирають найменші значення з тих синтаксонів (класів  $x_{1-n}$ ), які порівнюються для кожного з видів (розв'язання суперечок —  $q$ ), і цифри сумуються ( $q_{ij}$ ). Наприклад, для синтаксону 1 та 3 ( $x_{1,3}$ ) це будуть: *Dictamnus gymnostylis* (1), *Paeonia daurica* (3), *Viola sibirica* (2), *V. alba* (1), *Neottia nidus-avis* (1), *Salvia glutinosa* (1), *Hypericum alpinum* (1), *Psephellus declinatus* (1) і т.д.,

що в сумі становить 76 балів. Дані заносяться до матриці перетинів (табл. 3, а), на основі якої шляхом ділення кожного показника на відповідний показник, що міститься на діагоналі, будують матрицю включень (табл. 3, б).

$$R_{ij} = \frac{c_{ij}}{c_{ii}}; R_{ji} = \frac{c_{ji}}{c_{jj}}$$

Матриця включень є несиметричною, тому її потрібно приводити до симетричної матриці, що відображає міру подібності (коефіцієнт Кульчинського),  $X = (P_{ij} + P_{ji})/2$ . За отриманими даними будують дендрограми (рис. 2) або відображають іншим способом чи використовують для подальших розрахунків [24]. У разі відсутності



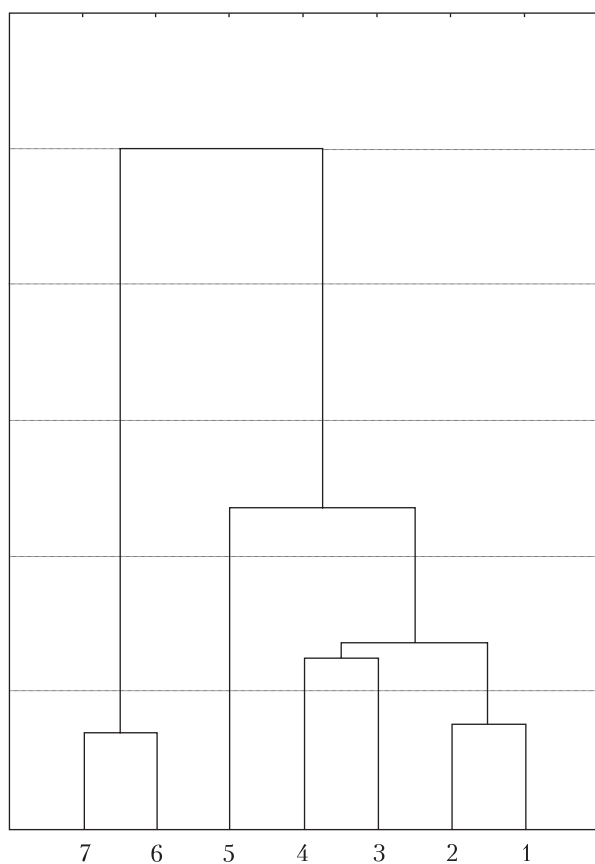


Рис. 2. Дендрограма флористичної подібності синтаксонів *Erico-Pinetea* України

кількісних показників можна застосувати виміри у певному масштабі (наприклад, пилкових спектрів) (рис. 3, 4; табл. 4, 5).

Такий принцип придатний і для порівняння будь-яких величин, показників (топо-, хроно-, еоклину) [19].

Саме цим способом сьогодні будуються екологічні шкали і розробляються багатовимірні екологічні класифікації, ведеться їх порівняння. Цілий ряд класифікацій не можна побудувати інакше або вони не піддаються порівнянню.

Отримані дані — це лише основа, вихідний матеріал для подальших операцій. Щоб розробити класифікацію, необхідні знання суті об'єкта, значущості його ознак. Тому надзвичайно важливим аспектом у цій операції є вибір ознак. З одного боку, вони

мають характеризуватися градієнтом змін, а з другого — діагностувати ці зміни. Механістичний підхід за принципом «чим більше ознак, тим краще» може призвести до такого шумового ефекту, коли шум (варіабельність неспецифічних другорядних ознак) заглушить показник основних. З метою зменшення впливу шуму вже давно застосовують «зважування» ознак, що посилює роль основних диференціюючих і послаблює — другорядних [14, 15]. У фітоценології такий підхід полягає у виокремленні характерних видів.

Другий важливий аспект — це аналіз диференціації ознак чи об'єктів.

Ми можемо отримати ряд коефіцієнтів, матрицю чи дендрограму подібності між об'єктами, розташованими таким способом, що чітких меж між ними не існуватиме. Тому виникає питання розподілу їх на класи і встановлення рангу класів (таксономічні категорії). Часто поріг таких класів вибирають довільно, через кожні 10% чи 20% (як це бачимо у наведеній матриці Кульчинського чи побудові графів). Такий підхід можна застосовувати у випадку, коли спостерігається більш-менш рівномірний розподіл показників. Але так трапляється зрідка, частіше ознаки групуються у вигляді нерівномірних скупчень. У такому випадку при порозі 60% об'єкти з близькими показниками 59,5% та 60,5% потрапляють до різних класів, а з віддаленими (51% та 59%) — до одного. Тому виділяти класи не можна на основі штучно вибраного масштабу (наприклад, через 0,5 чи 1 бал). Ми запропонували застосовувати поділ на класи за іншим способом [6].

З метою розподілу отриманих даних на класи ми проводили рангування результатів, тобто їх запис у послідовності від мінімального до максимального значення, що дає можливість оцінити як амплітуду варіювання, так і характер диференціації показників

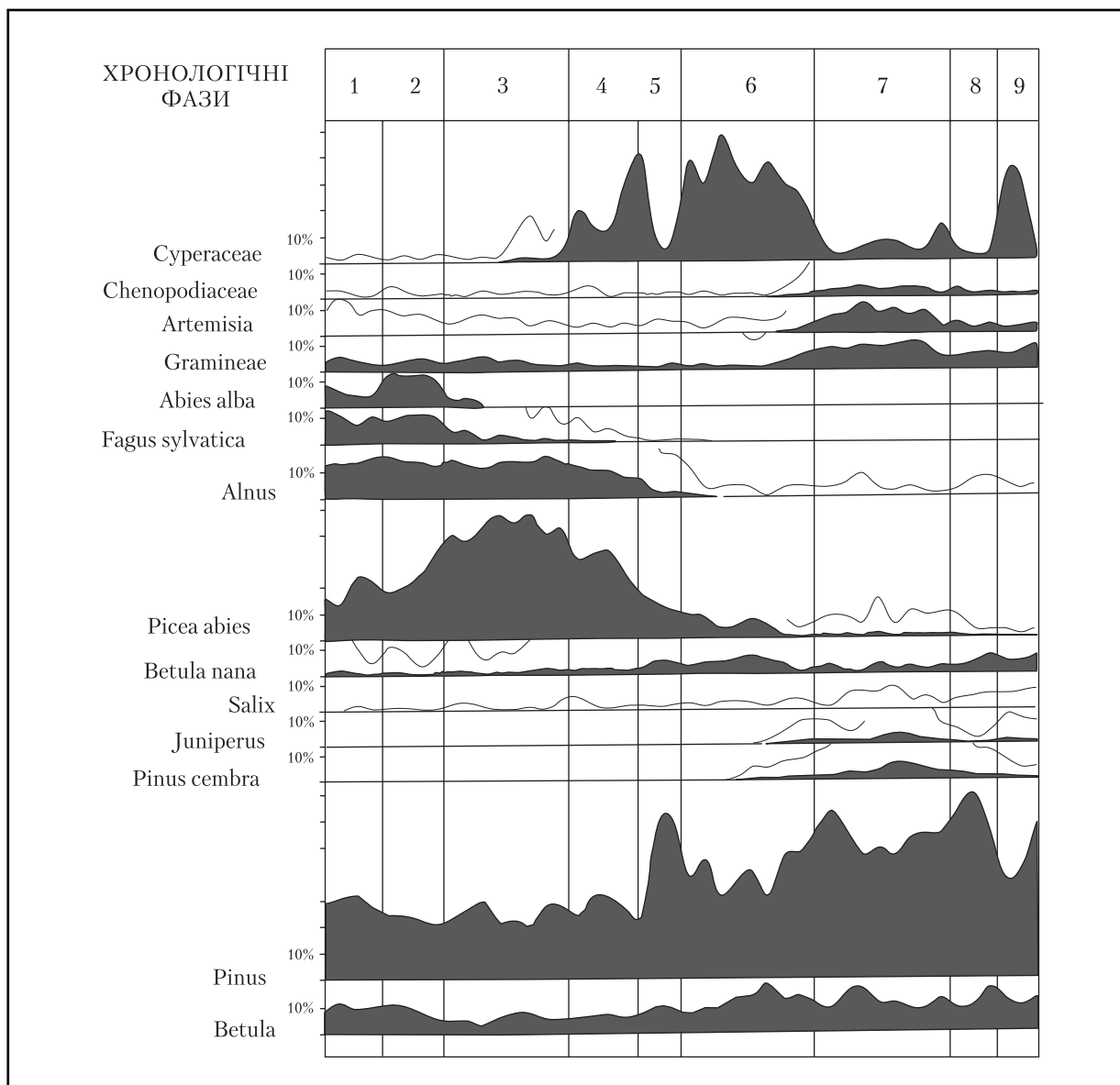


Рис. 3. Палеопалінологічний спектр відкладів в урочищі Чорний Став (Татранський національний парк, Польща) в голоцені [34]

(рис. 5). Як свідчать результати, крайні показники значно чіткіше відмежовані один від одного, а середні значення, тобто ті, що характеризують оптимальні умови, доволі близькі між собою. Усе це ускладнює вибір обсягу класів, який має визначатися залежно від загальної амплітуди варіювання фактора і від ступеня диференціації показників, що чималою мірою зумовлено «тактом»

дослідника. При цьому крайні екстремальні показники розглядаються як окремі класи; за оцінкою їхньої близькості до сусідніх вибирається поріг класу. Основою розмірності класів є постулат про те, що показники в межах класу повинні бути більш подібними (ближчими) між собою, ніж з показниками сусіднього класу. При цьому враховувалися загальна амплітуда варіюван-

ня показників даного чинника, ступінь диференціації один відносно іншого, величина (розмірність) класів тощо.

Розглянемо це на прикладі рис. 5, де відображено показники вмісту азоту в

грунті. Ранговий ряд цього показника, який збільшується від 4,15 до 6,91 бала, тобто на 2,76 бала, включає дані 20-ти геоботанічних виділів. Коли б ми захотіли розбити цей ряд на п'ять рівномірних класів, то

**Таблиця 4. Кількісна характеристика спектра пилоквих діаграм Чорного Ставу (Татранський національний парк, Польща) в голоцені [34]**

Cyperaceae	–	–	–	7	1	11	3	1	10
Chenopodiaceae	–	–	–	–	–	–	1	1	–
Artemisia	1	0,5	–	–	–	–	3	2	0,5
Poaceae	2	2	2	0,5	0,5	0,5	3	3	3
Abies alba	2	4	0,5	–	–	–	–	–	–
Fagus sylvatica	3	3	0,5	0,5	–	–	–	–	–
Alnus	4	4	3	3	0,5	–	–	–	–
Picea abies	7	5	13	10	4	2	–	–	–
Betula nana	1	–	1	1	2	2	1	2	1
Juniperus	–	–	–	–	–	–	0,5	–	–
Pinus cembra	–	–	–	–	–	–	1	0,5	–
Pinus	9	7	7	9	13	13	15	20	11
Betula	3	3	3	2	5	5	3	4	3

**Таблиця 5. Матриця перетину (а) та подібності (б) показників палеопалінологічного спектра Чорного Ставу в голоцені (Польща)**

а б	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	32 100	25,5	24	23	18	15,5	16	16	15,5
2	86,2	27,5 100	20	17	14	11,5	11,5	11,5	11,5
3	77,5	69,7	30 100	24	16	13,5	13	13	13
4	70,8	56,6	76,4	33 100	18	21,5	15,5	13,5	19,5
5	60,3	50,5	55,2	59,4	28 100	21,5	20,5	23,5	16,5
6	47,4	38,1	42,7	64,7	64,7	33,5 100	20,5	20,5	25,5
7	51,3	39,7	43,0	48,9	70,2	64,2	30,5 100	26,5	21,5
8	48,9	38,1	41,1	40,6	77,0	61,2	83,0	33,5 100	19,5
9	51,4	41,1	44,5	63,8	58,4	82,8	73,0	63,3	28,5 100

кожен мав би розмірність 0,55 бала, на шість — 0,49 бала, на сім — 0,39 бала, на вісім — 0,35 бала, на дев'ять — 0,3 і на 10 — 0,28 бала і т.д. Щоб визначитися в кількості й обсязі класів, відкладемо показники таблиці у відповідній шкалі. Такий розподіл дає змогу легко виділити класи: I — виділ 1; II — виділи 2 та 15; III — 4, 9, 16; IV — виділ 3, а з другого боку, два останніх класи — виділи 11, 19, 13 і виділи 14 та 20. Складнощі виникають лише з центральною частиною (від 10 до 5 виділів). Оскільки різниця показників між крайніми (10 та 5) виділами становить 0,41 бала, тобто більш як 0,39 бала (розмірність класу при їх кількості 7), то цей клас доцільно розбити на два класи.

Аналізуючи розподіл загалом, при якому виділено вісім класів, ми бачимо, що межа між класами коливається від 0,7 до 0,14 бала, тобто буває вдвічі вищою або нижчою від середньої розмірності (0,3 бала) класу. Варіація показників кожного класу менша, ніж ця середня розмірність.

Описані операції — це операції поділу. У випадках, коли виділені групи належать до одного рангу, тобто не підпорядковані одна одній, не мають ієрархічної структури, то на цьому і закінчується класифікація. За ієрархічного підпорядкування, що характерно для багатьох типів класифікацій біологічних об'єктів, така операція — лише перша стадія класифікації. Наступною стадією є надання цим групам певного таксономічного рангу (вид, рід, родина, клас чи

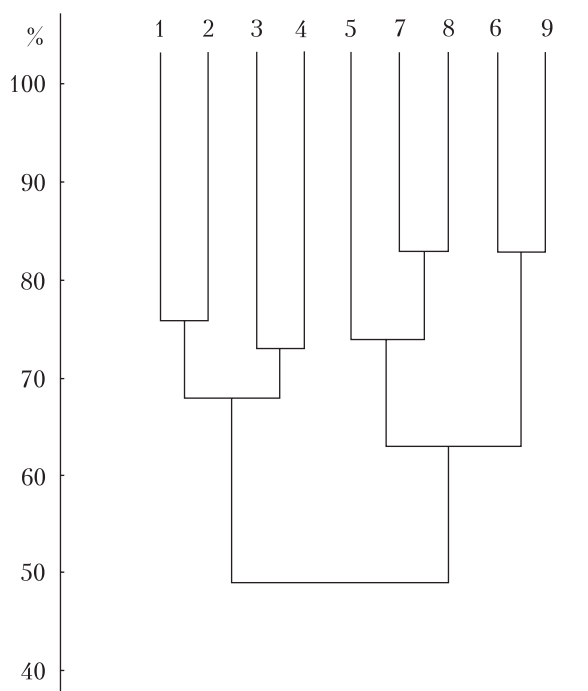


Рис. 4. Дендрограма подібності палеопалінологічних спектрів відкладів в урочищі Чорний Став у голопені (Польща)

асоціація, союз, порядок, клас тощо). Як свідчить аналіз, це не менш складна частина, ніж попередня. Вона потребує знання суті системи, бачення її ієрархічної структури, характеру взаємовідношень між складовими елементами (чи підсистемами), вибору діагностичних ознак, тобто відповідної кваліфікації. Сьогодні робляться спроби стандартизувати цей вибір, знайти рівень подібності ознак залежно від таксономічного рангу [31], але, на наш погляд, такої залежності не існує, оскільки біотичні сис-

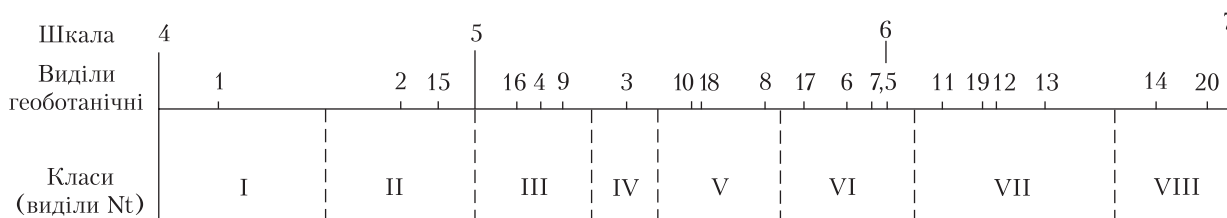


Рис. 5. Розподіл показників вмісту азоту у ґрунті на території заказника «Лісники»

теми досить складні, а їхня диференціація часто має континуальний характер.

На цьому етапі знову виникає аналогічне запитання: з яких позицій розглядати кожен таксон? Як певний тип чи як систему? Якщо ми приймаємо за основу перший варіант, тобто трактуємо кожен гілку дендрита як окремий таксон, то маємо усвідомлювати, що така гілка — це лише спосіб відображення, проекція, середнє значення складної природної системи, яка реально зовсім не так відмежована від сусідніх, як на схемі.

Такий підхід означає, що на другому етапі побудови класифікації ми відступили від принципу відображення складності, множинності, варіабельності, змінності системи, а показуємо її як прийнятну проекцію, тобто тип.

Якщо продовжувати послідовно відстоювати логіку, оцінки множинності об'єкта, то ми дійдемо висновку, що кожна реально існуюча біологічна система (вид, фітоценоз, екосистема) може включати певний набір, кількісне співвідношення властивостей, ознак різних таксонів. Ознак одного таксону може бути 25%, іншого — 50%, третього і четвертого — відповідно 20% та 5%. У такому випадку ми відносимо систему до того таксону, властивості чи ознаки якого переважають. Саме в цьому напрямі сьогодні розвивається класифікація об'єктів у флористиці, фітоценології, екології, що зближує її з ординацією.

1. *Александрова В.Д.* Классификация растительности. — Л.: Наука, 1969. — 275 с.
2. *Андреев В.Л.* Классификационные построения в экологии и систематике. — М.: Наука, 1980. — 143 с.
3. *Боул С., Хоул Ф., Мак-Крекен Р.* Генезис в классификации почв. — М.: Прогресс, 1977. — 416 с.
4. *Воронин Ю.А.* Теория классифицирования и ее приложение. — Новосибирск: Наука, 1985. — 231 с.
5. *Воронин Ю.А.* Начала теории сходства. — Новосибирск: Наука, 1991. — 128 с.
6. *Дидух Я.П., Плюта П.Г.* Фітоіндикація екологічних факторів. — К., 1994. — 279 с.

7. *Дидух Я.П., Шеляг-Сосонко Ю.Р.* Сущность классификации //Продромус растительности Украины. — К.: Наук. думка, 1991. — С. 12–23.
8. *Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И.* Многомерные статистические методы. — М.: Финансы и статистика, 1998. — 352 с.
9. *Кафанов А.И., Борисовец Е.Э., Волвенко И.В.* О применении кластерного анализа в биогеографических классификациях // Журн. общ. биол. — 2004. — 65. — №3. — С. 250–265.
10. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / *Ким Дж.-О., Мюллер Ч.У., Клекк У.Р. и др.* М.: Финансы и статистика, 1989. — 215 с.
11. *Клекк У.Р.* Дискриминантный анализ // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. — М.: Финансы и статистика, 1989. — С. 78–138.
12. *Кожара В.Л.* Функции классификаций // Теория классификаций и анализ данных. — Новосибирск: 1982. — С. 5–19.
13. *Кравцов Б.А., Милютин Л.И.* Возможности применения многомерной классификации при изучении популяций древесных растений // Пространственно-временная структура лесных биоценозов. — Новосибирск: Наука, 1981. — С. 47–66.
14. *Любищев А.А.* О форме естественной классификации организмов // Изв. биол. НИИ при Пермском ун-те. — 1923. — 2. — Вып. 3. — С. 99–110.
15. *Майр Э.* Популяции, виды и эволюция. — М.: Мир, 1974. — 460 с.
16. Детерминационный анализ в экосистемах: сопряженности для биотических и абиотических компонентов // *Максимов В.Н., Булгаков Н.Г., Милованова Г.Ф. и др.* Изв. АН. — Сер. биол. — 2000. — №4. — С. 482–491.
17. *Мейен С.В.* Таксономия и мерономия // Вопросы методологии в геологических науках. — К.: Наук. думка, 1977. — С. 25–33.
18. *Миловидова Н.В.* Применение методов логики к анализу физико-географических определений и классификаций. — М.: Наука, 1977. — 104 с.
19. *Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г.* Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. — М.: Наука, 1989. — 223 с.
20. *Павлинов И.Я.* Кладистический анализ (методологические проблемы). — М.: Изд-во МГУ, 1990. — 160 с.
21. *Пиаж Ю., Инельдер Б.* Генезис элементарных логических структур. Классификация и сериация. — М.: Изд-во иностр. лит., 1963. — 346 с.
22. *Розова С.С.* Методологический анализ классификационной проблемы // Теория и методология биологических классификаций. — М.: Наука, 1983. — С. 6–17.

23. *Розова С.С.* Классификационная проблема в современной науке. — Новосибирск: Наука, 1986. — 223 с.
24. *Семин Б.И.* Теоретико-графовые методы в сравнительной флористике // Теоретические и методологические проблемы сравнительной флористики. — Л.: Наука, 1987. — С. 149–163.
25. *Сокал Р.Р.* Кластер — анализ и классификация: предпосылки и основные направления // Классификация и кластер. — М.: Мир, 1980. — С. 7–19.
26. *Терентьев П.В.* Методические соображения по изучению внутривидовой географической изменчивости // Внутривидовая изменчивость наземных позвоночных животных и микроэволюция. — Свердловск, 1965. — С. 3–20.
27. *Чупахин И.Я.* Методы классификации объектов исследования // Формальная логика. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1977. — С. 138–147.
28. *Шмидт В.М.* Биометрический метод в ботанической систематике. — Бот. журн. — 1964. — 49. — № 1. — С. 82–93.
29. *Якушин Б.В.* Классификация // Философская энциклопедия. — М.: Сов. энцикл., 1962. — Т.2. — С. 523–525.
30. *Avise J.C., Johns G.C.* Proposal for a standardized temporal scheme of biological classification for extant species // Proc. Natl. Sci. USA. — 1999. — Vol. 96. — P. 7358–7363.
31. *Digby P.G.N., Kempton R.A.* Multivariate analysis of cenological communities. — Chapman et Hall. — London, New-York, Tokyo, Melbourn, Madrid, 1991. — 206 p.
32. *Hugh G., Gauch J.* Multivariate analysis in community ecology: — Cambridge university. Press Cambridge: London, New-York, Melbourn, Sydney, 1986. — 298 p.
33. *Jurko A.* Multilaterale Differentiation als Gliederung-prinzip der Pflanzengesellschaften // Preslia, 1973. — 45. — S. 41–69.
34. *Obidowicz A.* Wahania górnej granicy lasu w późnim plejstocenie I holocenie w Tatrach // Dokumentacja geograf. — 1993. — 4–5. — S. 31–43.

35. *Sneath P.H.R.* The construction of taxonomic groups // Microbial classification. Eds. Ainsworth G.C., Sneath P.H.A. Cambridge Univ. Press, Cambridge. — 1962. — P. 289–332.

*Я. Дідух*

#### СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО КЛАСИФІКАЦІЇ БІОТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

**Резюме**

Розглянуто всебічне значення і суть класифікації у природничих науках, історичні етапи її розвитку, основні складові операції, дано їх аналіз. Наголошується на необхідності створення політетичних системологічних класифікацій, які відображають багатомірність і варіабельність ознак, що потребує використання методів мультिवаріантної статистики (факторний, кластерний, дискримінантний, ординаційний аналіз тощо). Показано застосування окремих операцій класифікації на прикладі різних об'єктів.

*Ya. Didukh*

#### MODERN APPROACHES TO CLASSIFICATION OF BIOTIC OBJECTS

**S u m m a r y**

The overall meaning and role of classification in natural sciences is considered as well as historical periods of its development and constituent operations, their analysis is presented. The authors underline the necessity of creation of polythetic systemic and logical classifications that depict multidimensionality and variability of characteristics requiring application of multivariate statistics methods (factorial, cluster, discriminant, ordinate analysis). Application of some classification operations based on different objects is presented.