

<https://doi.org/10.5281/zenodo.3566606>

УДК 712.253:58:069.029][581.522.4+581.95]:[581.6]:001.18

**М.І. ШУМИК, П.Є. БУЛАХ, Н.І. ПОПІЛЬ**

Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України  
Україна, 01014 м. Київ, вул. Тімірязєвська, 1  
bulakh2017@ukr.net

## ІНТРОДУКЦІЙНИЙ ПРОГНОЗ ЯК ВАЖЛИВА СКЛАДОВА ПРОЕКТУ БУДІВНИЦТВА САДІВ СВІТУ В НАЦІОНАЛЬНОМУ БОТАНІЧНОМУ САДУ імені М.М. ГРИШКА НАН УКРАЇНИ. ЧАСТИНА 1

*В історичній послідовності висвітлено роль і місце наукового прогнозування в інтродукції рослин та ландшафтному будівництві. Розроблені нашими попередниками засади «Загальної прогностики» та її положення прийнято нами для формування прогностичного апарату інтродукції рослин. Прогноз розглядається як теоретична база та необхідний початковий етап інтродукційного процесу. Науковий напрям з передбачення наслідків переселення рослин остаточно не сформувався, але немає сумнівів у необхідності запровадження прогностичних технологій у ботанічних садах та дендропарках для виявлення адаптаційних можливостей іноземних рослин, які є прикрасою ландшафтів нових для них регіонів.*

*В історичному аспекті розглянуто значення прогнозу адаптаційної здатності рослин у дослідженні природної та культурної спадщини народів світу. Коротко проаналізовано світову історію етноботаніки, яка дала поштовх до поширення цього напрямку досліджень у ботанічних закладах України. Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України став провідною установою з демонстрації експозицій за таким принципом.*

*Особливу увагу приділено відбору методів прогнозу для створення етноботанічних експозицій. Оскільки таких методів багато, наведено принципи та систему їх класифікації. За прийнятою схемою аналізуються: класичні методи інтродукції рослин, які мають прогностичне значення; непоширені екстраполяційні методи прогнозування; фізіолого-біохімічні та генетичні передумови інтродукції; особливості інтродукційного прогнозування для рослин захищеного ґрунту; інтерполяційні методи; методи математичного моделювання.*

*Пояснено необхідність створення бази даних щодо методів прогнозування. Наведено алгоритми побудови та основні вимоги до бази даних. Використання «Електронної експертної системи методів прогнозування» дає інформацію про існуючі способи прогнозування та сприяє вибору оптимального з них у конкретних умовах проведення інтродукційного експерименту. Практичну реалізацію апробованих нами зазначених методів та їх модифікацій для створення садів Світу буде розглянуто у другій частині статті.*

**Ключові слова:** етноботаніка, інтродукція рослин, сади Світу, прогнозування адаптаційної здатності рослин, методи прогнозу, розширення асортименту інтродукованих рослин, інтродукційне районування, принципи побудови експозиційних ділянок світової флори.

### Прогноз як етап наукового пізнання та його місце в інтродукційному процесі

У середині XIX ст. англійський філософ С. Міль (1806—1863) рекомендував розробити метод, який дав би змогу шляхом вивчення та аналізу історичних фактів відкрити закон прогресуючого розвитку подій. Сподівання вченого здійснилися, і нині прогноз розвитку окремих явищ чи процесів у майбутньому в будь-яких галузях знань

розглядають як невід’ємну їх складову та вважають одним з показників їх розвитку, оскільки кожна наука має прогностичну функцію й інтродукція рослин не є винятком. Фундаментом теоретичних знань з виявлення перспектив розвитку якогось явища чи процесу є відносно нова наукова дисципліна — «загальна футурологія», основні положення якої сформульовано у 60—90-х роках минулого сторіччя [36, 37, 39]. Теоретичні засади науки про вивчення майбутнього використано нами при формуванні прогностичного апарату

© М.І. ШУМИК, П.Є. БУЛАХ, Н.І. ПОПІЛЬ, 2019

інтродукції рослин. Прогноз в інтродукції рослин посідає особливе місце. Це теоретична база, яка визначає успіх переселення рослин і розглядається як необхідний та початковий елемент інтродукційного процесу. Наукове прогнозування являє собою фундаментальний зміст інтродукції рослин [18] і підвищує ймовірність успішного відбору інтродукційного матеріалу при найменших витратах часу, зусиль та матеріальних ресурсів на пошукову роботу. Цей важливий етап інтродукції ще не отримав необхідного розвитку і лише в поодиноких випадках знаходить своє місце в роботі з визначення адаптаційного потенціалу рослин у нових екологічних умовах. Можна констатувати, що науковий напрям з передбачення наслідків переселення рослин остаточно не сформувався. Досягти цього на підставі критичного аналізу, узагальнення та розвитку окремих теоретичних та методологічних положень прогнозування — одне з основних завдань інтродукції рослин як науки [5, 11, 13].

Усі існуючі методи інтродукційного прогнозування спрямовано на виявлення вимог рослин до еколого-ценотичних умов їх існування за межами природного ареалу. Це загальновизнане положення є вагомим аргументом для запровадження прогностичних технологій у ботанічних садах та дендропарках з метою виявлення можливостей іноземних рослин прикрашати краєвиди нових для них регіонів. Створення колекційного та експозиційного фондів рослин світової флори в ботанічних установах України має відповідати певним вимогам. Основною з них є відбір стійкого асортименту декоративних рослин, які здатні витримувати нові для них умови довкілля. Отже, стійкість рослин до лімітуючих екологічних чинників має вирішальне значення для будівництва декоративних композицій за участю інтродукованих рослин. Відбір стійких іноземних рослин здійснюють методами інтродукційного прогнозування, які належним чином відповідають об'єктам дослідження та умовам проведення інтродукційного експерименту [12].

### **Значення прогнозу адаптаційної здатності рослин у дослідженні природної та культурної спадщини народів світу (етноботанічні аспекти)**

Практичне втілення викладених вище міркувань у ботанічних садах та дендропарках України ми розглядаємо з позицій ландшафтної архітектури, тобто стійкий асортимент декоративних рослин світової флори як органічну складову експозицій унікальної природної та культурної спадщини народів з різних регіонів світу. Цей напрям етноботанічних досліджень стає популярним в Україні, а Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка є провідною установою з демонстрації експозицій, створених за таким принципом. Етноботанічні експозиції є не лише мальовничою окрасою урбанізованих територій, вони мають просвітницьке та виховне значення у пропаганді досягнень світової культури і ландшафтного мистецтва народів світу.

Етноботаніка — це розділ ботаніки, який вивчає використання рослин різними етнічними групами. Основним завданням цієї науки є збір та систематизація народних знань про рослини та їх прикладне значення в багатьох сферах діяльності людства. Вперше термін «етноботаніка» запропонував американський ботанік Джон Харшбергер у 1895 р. Однак ще в 77 р. н. е. грецький лікар Діоскорид розповсюдив ілюстрований травник з інформацією про 600 рослин Середземномор'я. Тривалий час це авторитетне видання було популярним джерелом знань про лікарські, їстівні та отруйні рослини у Середньовіччя. В епоху Великих географічних відкриттів мореплавці привозили додому нові рослини, що сприяло становленню та розвитку європейських ботанічних садів. Колекції рослин у багатьох садах та дендропарках Європи було створено за етноботанічним принципом. Новим поштовхом для вивчення рослин світової флори стали праці К. Ліннея. Його книга «Species Plantarum» містила опис близько 5 900 рослин. У XIX ст. відзначено пік ботанічних досліджень. О. Гумбольдта, який зібрав дані щодо рослин у багатьох країнах, вважають засновником географії

рослин. Ботаніками в різних регіонах світу була зібрана цікава інформація про корисні та шкідливі властивості рослин, які використовувало місцеве населення, що сприяло розвитку етноботаніки як самостійної науки.

У ХХ ст. етноботаніка від простого збирання фактів перейшла до їх вивчення на нових методологічних та концептуальних засадах, а засновником академічної етноботаніки прийнято вважати Річарда Еванса Шултса. Він розглядав етноботаніку як самостійну науку, яка сформувалася на межі етнографії та ботаніки і використовує методи обох наук. В Україні структурування етноботаніки вперше запропонував Б.В. Заверуха [21], який виділив і обґрунтував такі її розділи: 1) теоретична етноботаніка — вивчає розвиток досліджень в історичному аспекті, їх сучасний стан і перспективи на майбутнє, узагальнює досвід та розробляє методи досліджень, визначає основні напрями науки; 2) номенклатурна — з'ясовує специфіку та походження народних назв рослин у різних місцевостях і в різних народів, проводить їх порівняльний аналіз, ідентифікацію з науковими дослідженнями; 3) практично-побутова — досліджує особливості практичного використання різних видів рослин для побутових і виробничих потреб; 4) фітотерапевтична — вивчає проблеми застосування рослин у практиці народної медицини та ветеринарії; 5) духовно-культурна — вивчає особливості використання рослин у релігійних і культових обрядах, відображення образів рослин у міфології, легендах, піснях, символіці, орнаментиці, архітектурі, вишивці, флористиці; 6) меморіальна і геральдична — досліджує застосування рослин для створення національної символіки; 7) фітосинантропно-генезисна — вивчає походження культурних і адвентивних рослин та особливості формування їх ареалів; 8) археоетноботаніка (палеоетноботаніка) — вивчає специфіку використання рослин у давні історичні епохи; 9) неоетноботаніка — вивчає особливості сучасного використання рослин.

Значний внесок у формування сучасної етноботаніки зробили І.С. Івченко [23, 24], М.І. Шумик, Н.І. Попіль [53], В.Б. Колосова [26], В.В. Куй-

біда [32] та ін. Проаналізовано світову історію етноботаніки, розроблено принципи формування експозицій природної та культурної спадщини народів світу, в ботанічних садах України з'явилися перші етноботанічні експозиції — сади світу, розроблено основні принципи етнодендрологічного районування тощо. В НБС імені М.М. Гришка, як провідній установі з цього напрямку ботанічних досліджень, створено низку етноботанічних ділянок, на яких найкраще представлений Східний сектор (Корейський традиційний сад, ділянка Тибетської культури і природи, Індонезійський традиційний сад, започатковано створення Японського та Китайського садів). Особливості побудови таких ділянок у рамках проекту будівництва садів світу докладно висвітлено в працях співробітників відділу ландшафтного будівництва [25, 53].

У статті розглянуто роль інтродукційного прогнозування в будівництві етноботанічних експозицій. Це лише один, але важливий аспект, який за класифікаційною схемою Б.В. Заверухи [21] належить до теоретичної етноботаніки. Значення прогнозу адаптаційної здатності рослин, які використано в експозиціях садів світу, полягає у визначенні стійкості таких угруповань ще на етапі їх проектування, тобто до початку проведення мобілізації посадкового матеріалу. Тому робота ландшафтного архітектора з будівництва садів світової флори має починатися з відбору стійкого асортименту іноземних рослин з використанням методів прогнозування успішності їх переселення в нові екологічні умови. Таких методів є багато — десятки, а, можливо, понад сотню. З огляду на їх велику кількість і різноплановість вважаємо, що всі вони потребують систематизації та класифікації. Це слід зробити для відбору оптимальних технологій прогнозування адаптаційної здатності рослин, які є кандидатами для використання в етноботанічних експозиціях.

#### **Система класифікації методів прогнозування**

В основу класифікації методів інтродукційного прогнозування покладено відомості про три джерела інформації про майбутнє: оцінка

майбутньої події на основі досвіду, аналогії з відомими явищами та процесами; умовне продовження у майбутньому тенденцій, закономірностей, виявлених у минулому; моделювання майбутнього стану явища чи процесу на підставі дослідження закономірностей їх розвитку.

Джерела інформації про майбутнє визначають три основні способи прогнозування: 1) екстраполяція, 2) інтерполяція, 3) моделювання.

До екстраполяційних методів ми віднесли велику та різноманітну групу прийомів (способів) дослідження, які дають змогу здійснити прогноз результатів інтродукції для регіонів за межами природних місцезростань рослин. Екстраполяція — це умовне продовження в майбутнє тенденцій розвитку організму, які в минулому та нині добре відомі. До них належать усі основні методи інтродукції рослин (кліматичних аналогів, флорогенетичного та еколого-історичного аналізів, філогенетичних комплексів, геоботанічних едифікаторів, еколого-статистичний).

Принципова відмінність інтерполяційного напрямку в прогнозуванні полягає в тому, що результати інтродукції прогнозують для рослин, які зростають у регіонах, котрі оточені густою мережею раніше створених інтродукційних центрів. Проміжне значення екологічних умов зростання рослин встановлюють спеціальними методами тренд-аналізу.

Моделювання в інтродукції рослин спрямоване на передбачення можливості існування організмів за межами їх ареалу за умов наявності вихідних даних (еколого-фітоценотичні характеристики регіонів, між якими здійснюється обмін інтродукційним матеріалом, та основні біологічні особливості кандидатів в інтродуценти). Побудова моделі життєдіяльності рослин за умов зміни основних параметрів їх існування та її аналіз дають змогу отримати інформацію про стан рослин у майбутньому.

Існує понад 150 методів прогнозування наслідків дії екологічних чинників на стійкість та особливості функціонування живих організмів [3]. Усі вони вкладаються у наведену

градацію способів прогнозування, але, не всі можуть бути використані в інтродукційному прогнозуванні.

З огляду на існування великої кількості методів прогнозування інтродукційної здатності рослин світової флори, які за своїми якостями можуть стати окрасою садів світу, вважаємо, що актуальною проблемою в інтродукції рослин є створення електронної бази даних щодо методів інтродукційного прогнозування (алгоритми її побудови спрямовані на упорядкування великого масиву інформації та вибір необхідного способу прогнозування реакції рослин на дію нових чинників середовища) [8, 9]. Три групи способів прогнозування (екстраполяція, інтерполяція та моделювання) не включають найпоширенішу в інтродукції рослин групу методів, яка отримала назву «випадковий пошук». До цієї категорії належить метод «проб та помилок», який розглядається нами як приклад недосконалої організації інтродукційного процесу і не належить до наукових методів прогнозування. Він не виключає можливість випадкових експериментів з будь-якими об'єктами та допускає негативний їх результат. Згодом причини таких невдач усуваються. Суть методу краще відображає назва «метод випадкової вибірки та виправлення помилок». Він характеризується відсутністю попередніх уявлень про те, які об'єкти рослинного світу слід відібрати для підвищення ймовірності їх пристосування у нових умовах вирощування.

У разі використання методу проб і помилок робочі гіпотези з'являються вже в процесі інтродукційного експерименту та є його безпосереднім результатом. Потім їх конкретизують, уточнюють і за потреби виправляють. Такий метод китайці назвали «мо шуй го хэ (переходити річку, намацуючи камені)». Володіючи методами наукового прогнозування, інтродуктор у мутному селевому потоці, як у прозорій воді бачить брід та впевнено рухається до поставленої мети. В протилежному випадку стихійна компонента людської діяльності здатна надовго затримати прогрес цивілізації.

Використання методу пов'язане з експлуатацією випадкового підходу до проведення інтродукційного експерименту і в тих випадках, коли відомостей про кандидатів в інтродуценти не вистачає, він себе повністю виправдовує. Проте завдання дослідників на попередньому етапі як раз і полягає у зборі різноманітних відомостей про рослини, які планують переселити. Отже, метод проб та помилок має обмежене значення і не розглядається нами як науковий метод інтродукційного прогнозування.

Розумінню значення численних і різнопланових методів інтродукційного прогнозування при створенні етноботанічних експозицій сприяє їх аналітичний огляд відповідно до прийнятої нами класифікації. До переліку основних технологій визначення адаптаційної здатності рослин нами залучена переважно інформація щодо переваг і недоліків кожного з них, а також щодо особливості їх застосування в конкретних умовах інтродукційного експерименту. Поширені серед інтродукторів методи прогнозу лише згадано в огляді, а маловідомим чи забутим технологіям та їх модифікаціям приділено належну увагу. Практичне їх використання та наш особистий досвід застосування методів прогнозування успішності інтродукції буде висвітлено у другій частині статті. Також не згадано іншу групу методів інтродукційного прогнозування, які використовують не на попередньому етапі визначення інтродукційної спроможності рослин, тобто на стадії планування інтродукційного процесу, ще до початку переселення рослин, а на етапі інтродукційного експерименту в інтродукційних центрах в умовах культури. Інтродукційну здатність вже переселених рослин визначають на наступних етапах їх розвитку. Прикладом таких досліджень є праці А.В. Гурського [19] та його послідовників.

#### **Традиційні методи екстраполяції (класичні методи інтродукції рослин)**

До екстраполяційних методів ми віднесли велику та різноманітну групу прийомів (способів) дослідження, які дають змогу здійснити

прогноз результатів інтродукції для регіонів, розташованих за межами природних місцезростань рослин. До них належать усі основні методи інтродукції рослин: *метод кліматичних аналогів Г. Майра* [55] та його модифікації (праці А. Ravari, Г.Т. Селянінова, Ф. Коррен, S. Paterson, Б.М. Головкина, М.А. Кохна, С.Є. Коровіна, О.С. Демідова, Й.Й. Сікури, В.М. Остапко, П.Є. Булаха, Г.М. Зайцева, Б.К. Термени тощо), *метод флорогенетичного аналізу В.П. Малєєва* [38] з доповненнями (праці К.А. Соболевської, А.М. Кормиліцина, А.І. Толмачова, М.Г. Попова, М.І. Рубцова, Р.В. Камеліна, М.А. Кохна, Й.Й. Сікури), *метод еколого-історичного аналізу флори М.В. Культіасова* [33] з уточненнями (праці С.Є. Коровіна, Н.А. Базилевської, П.Є. Булаха), *метод філогенетичних комплексів Ф.Н. Русанова* [43] (з поясненнями М.В. Цицина та І.В. Белолипова), *метод геоботанічних едифікаторів Ф.Н. Русанова* [42], *еколого-статистичний метод М.О. Аврорина* [1] (з доповненнями Г.М. Андрєєва, Б.М. Головкина, Н.М. Александрової та Т.В. Шулькіної).

Для інтродукторів рослин надзвичайно важливим за своїм значенням є ботаніко-географічний метод переселення рослин, адже інтродукція рослин є ботаніко-географічною проблемою. Основи такого підходу до вивчення рослин були закладені у працях О.Н. Краснова [31] та М.І. Вавилова [15]. Більшість методів інтродукції є похідними від цих положень, а загальним фундаментом інтродукції рослин є праці О. Гумбольдта, А. Декандоля, А. Дю-Брейля, Ч. Дарвіна, Е. Регеля, О.Н. Бекетова, та Є.В. Вульфа, які заклали передумови до проведення досліджень у галузі інтродукційного прогнозування.

Наявність великої кількості публікацій з опису, аналізу та апробації згаданих класичних методів інтродукції та їх модифікацій дає змогу уникнути компіляцій та обмежитися посиланням на фундаментальні праці, в яких аналізуються зазначені вище роботи [2, 5, 11, 16, 17, 20, 28, 30, 44].

Один з авторів статті проаналізував праці з інтродукційного прогнозування та звернув особливу увагу на основні недоліки існуючих

методів і низку фактів, які не вписуються в загальноприйняті прогностичні концепції методів інтродукції рослин [11]. Наприклад, метод кліматичної аналогії не пояснює: чому деякі ефемери аридної зони з успіхом знаходять другу батьківщину в помірному поясі Європи; чому потенційні адаптивні можливості рослин однієї флори є різними; чому найбільша пластичність притаманна домінантам та едифікаторам; чому трав'янисті рослини мають вищий адаптивний потенціал порівняно з деревними; чому релікти, ендеми та вузькоспеціалізовані види є консервативними за своїми ознаками, а генетично молоді види, особливо види-мігранти молодих флорогенетичних ліній, характеризуються значним адаптивним потенціалом; чому такі феномени, як «реверсії» та «спонтанні гібриди віддаленої спорідненості», не вписуються в зазначену концепцію.

Найсуттєвішим недоліком методу Г. Майра є те, що з великого числа кліматичних чинників, які характеризують райони-донори та райони-акцептори інтродукційного матеріалу, зазвичай суб'єктивно вибирають лише один з них або декілька. Прикладів такого суб'єктивізму багато. Таким чином, труднощі з використанням концепції кліматичної аналогії полягають у необхідності одночасного обліку великої кількості кліматичних показників у регіонах, які порівнюють. Складний у методичному відношенні спосіб виділення активно діючих на організм кліматичних чинників з великої їх сукупності ґрунтується на використанні методів математичного моделювання. В інтродукційному прогнозуванні він не набув поширення.

Одна з помилок Г. Майра полягала в тому, що пошук близьких за кліматичними параметрами регіонів призвів його до заперечення ідей акліматизації рослин. Однак на той час сутність поняття «акліматизація» дещо відрізнялася від сучасної. За останніми даними, процес акліматизації полягає у перебудові генетичної структури рослини в процесі її тривалої адаптації до нових еколого-географічних умов вирощування [7, 14, 40]. За часів Г. Майра такі дослідження були за межами можливостей науки.

Таким чином, концепція кліматичної аналогії однобічно висвітлює передумови інтродукції та потребує доповнень.

До основних помилок В.П. Малеева (метод флорогенетичного аналізу) слід віднести: визнання лише індуктивних емпіричних методів досліджень; заперечення значної різниці між якісними (корінними) та кількісними показниками клімату різних країн; визнання лише індивідуальної модифікаційної мінливості в акліматизаційному процесі; заперечення наявності кліматичних аналогій.

Метод еколого-історичного аналізу флори М.В. Кульгасова є одним з найкращих у прогностичному аспекті, оскільки являє собою синтез екологічних та історичних методів досліджень. Він дає змогу об'єктивно обґрунтувати попередній відбір інтродуцентів і має певні переваги порівняно з іншими методами прогнозу [2, 11, 27]. Суттєвих недоліків метод немає, а його переваги та можливості виявлені нами на прикладі інтродукції видів роду *Allium* L. західного Тянь-Шаню [4].

Метод філогенетичних комплексів Ф.Н. Русанова використовують у системі заходів з відбору перспективних інтродуцентів і протиставляють хаотичній (безсистемній) інтродукції рослин. Прогностичне значення методу полягає у відборі найперспективніших для певного інтродукційного центру видів одного роду чи родини на підставі їх порівняльних досліджень. Ідея історичності лежить в основі методичних рекомендацій Ф.Н. Русанова. Метод філогенетичних комплексів дає змогу використовувати інтродукційний експеримент як для визначення інтродукційного потенціалу близьких видів, так і для вирішення питань систематики та філогенії рослин.

Метод геоботанічних едифікаторів Ф.Н. Русанова також дає змогу виявити перспективні для інтродукції види. Він ґрунтується на загальновідомому факті про високу адаптаційну здатність едифікаторів до різноманітних умов середовища. Такі рослини Ф.Н. Русанов назвав переможцями у боротьбі за виживання. До недоліків методу можна віднести його обмежені можливості, оскільки не всі відібрані для переселення види є едифікаторами.

Еколого-статистичний метод М.О. Аврорина пройшов величезну апробацію. Його можливості широко використовують у різних регіонах світу. Особливістю методу є застосування статистичних методів не лише для виявлення достовірності даних, а і для визначення закономірностей переселення рослин.

На нашу думку, значні переваги для оцінки адаптаційної здатності рослин мають метод еколого-історичного аналізу флори М.В. Кульгіасова та еколого-статистичний метод М.О. Аврорина, але це не означає, що за певних умов інші методи не варті уваги. Наприклад, еколого-біоморфологічний метод О.О. Лаптева [34] значно збагачує прогностичний аспект інтродукції рослин з позицій еволюційного вчення та екології рослин.

#### **Непоширені (забуті) екстраполяційні методи прогнозування**

До групи екстраполяційних методів прогнозування адаптаційної здатності рослин за межами їх природного ареалу належать не лише загальновідомі методи інтродукції рослин (кліматичних аналогів, флорогенетичного та еколого-історичного аналізу, філогенетичних комплексів, геоботанічних едіфікаторів та еколого-статистичний). Інші методи оцінки результатів майбутнього експерименту з переселення рослин не отримали широкого поширення в інтродукції рослин, але становлять не тільки історичний інтерес.

Відповідно до теорії витривалості (толерантності) рослин Д. Гуда [54] види займають лише ті території, де умови середовища відповідають потребам рослин. Ареал, який може займати вид завдяки своїй витривалості, називається потенційним, а витривалість рослин розглядають як специфічну ознаку, контролювану законами еволюції, так само, як і морфологічні ознаки. Теорія Д. Гуда недооцінює адаптаційні можливості рослин, зводячи їх до випадків натуралізації.

Схожий недолік має палеоботанічна теорія А.Я. Сьюорда [49], згідно з якою потенційні можливості рослин визначаються відновленням їх дольодовикових ареалів. Обмеженість цього методу в зв'язку з необхідністю відтво-

рення пліоценових умов на прикладі видів роду клен показує М.А. Кохно [29].

Близький до теорії витривалості рослин Д. Гуда філогенетично-систематичний метод прогнозування інтродукційної здатності квіткових рослин запропонував Г.К. Смик [45] у зв'язку з необхідністю створення в Центральному ботанічному саду АН України ділянки «Система вищих рослин». Можливість переселення рослин у розумінні автора визначається здатністю інтродукованого виду здійснювати життєві функції, зберігаючи основні ознаки виду (іноді змінюючи при цьому цикл розвитку і життєву форму) в умовах, змінених настільки, наскільки дозволяє це рівень його еволюційного розвитку.

Таким чином, амплітуда коливань основних зовнішніх чинників для різних за рівнем еволюційного розвитку видів буде різною. З урахуванням цього положення проведено відбір об'єктів для інтродукції в умовах м. Києва за такими критеріями: місце виду в системі рослинного світу (загальний рівень організації), ознаки примітивності та високого ієрархічного рівня (життєва та екологічна форми) і рівень біохімічної організації виду.

Найбільший інтерес у методі Г.К. Смика становить твердження про положення виду у філогенетичній системі, що є показником успішності його інтродукції.

Інша праця Г.К. Смика [46] у галузі інтродукційного прогнозу є розвитком поглядів Д. Гуда щодо потенційного ареалу. Це поняття покладено в основу визначення інтродукційної здатності видів — можливість здійснення всіх життєвих функцій у нових умовах. Потенційний ареал розділено на шість зон. У першій наявні всі чинники, необхідні для виконання життєвих функцій, у другій — відчувається брак суми позитивних температур (утворюється переважно несхоже насіння), у третій не забезпечується дозрівання насіння, у четвертій не утворюються плоди, у п'ятій обмерзають квіткові бруньки, у шостій виживання інтродуцентів можливе лише у разі зміни їх життєвої форми. До найважливіших чинників середовища, котрі визначають виживання рослин у

нових умовах, Г.К. Смик відносить нерегульовані чинники (кількість тепла і тривалість світлового дня).

До філогенетично-систематичного методу відбору вихідного матеріалу близький систематичний метод аналізу флори, запропонований В.Г. Собком [48]. Їх об'єднує твердження про те, що положення виду у філогенетичній системі є критерієм відбору інтродукційного матеріалу. Систематичне дослідження видового складу рослин України, на думку автора, є теоретичною передумовою прогнозу успішності інтродукції рослин, а подальший розвиток методів інтродукційного прогнозування полягає у використанні географічних, еколого-ценотичних і біоморфологічних відомостей [47].

Метод прогнозування наслідків інтродукційного процесу, запропонований С.С. Харкевичем [52], ґрунтується на використанні основних хорологічних понять. На його думку, простір між протоареалом і екоареалом, як і між девтероареалом та екоареалом, ергазіоареалом і екоареалом, являє собою перспективне інтродукційне поле. Для прогнозування успішності інтродукції необхідно визначити межі та окреслити екоареал як експериментально, так і теоретично.

Важливе значення в інтродукційному прогнозуванні має теорія оптимуму, яка ґрунтується на кількісних статистичних методах дослідження [22]. Її концептуальною основою є правило оптимуму в біологічних явищах, сформульоване П.В. Терентьевим [50]. Відповідно до цієї теорії результати будь-яких географічних перемішень живих організмів оцінюють у зв'язку з їх видовим оптимумом. Основні його параметри (межі) за комплексом найважливіших екологічних чинників для кандидатів в інтродуценти встановлюють за правилом П.В. Терентьева [22] (концепція кліматичної аналогії), яке передбачає порівняння основних параметрів вегетаційного періоду, котрі визначають графічним методом зустрічних кривих. Основою метода є уявлення про два найважливіших екологічних чинника (температура повітря і тривалість дня), мінливість яких залежить від географічної широти місця. З цими

показниками корелятивно пов'язана більшість інших екологічних чинників. Запропонована методика виявлення зон прагматичного оптимуму для вирощування рослин дає змогу розробити асортимент рослин, який найбільше відповідає ґрунтово-кліматичним умовам області або району, що є запорукою підвищення продуктивності земель без істотного збільшення матеріальних і трудових витрат.

На думку Г.М. Зайцева, відповідно до теорії оптимуму має бути розроблена програма інтродукції, яка полягає в розподілі території країни на однорідні кліматичні райони, а також у цільовому вивченні флори країни і світової флори для визначення джерел залучення видів з бажаними властивостями.

#### **Фізіолого-біохімічні та генетичні передумови інтродукції рослин**

Інтродукція рослин як синтетична наука асимілювала принципи та методи інших наук. В екстраполяційному прогнозуванні отримали поширення фізіолого-біохімічні та генетичні методи оцінки адаптаційної здатності рослин. Аналіз можливостей їх використання в інтродукційному прогнозуванні свідчить про високу ефективність оцінки адаптаційної здатності рослин за результатами вивчення білкових комплексів насіння, сполук вторинного обміну, особливостей фотосинтезу кандидатів в інтродуценти та рівня плоідності рослин. Серед штучних генетичних методів підвищення стійкості інтродукованих рослин та збільшення їх генотипічного різноманіття заслуговують на увагу методи генетичної трансформації [34], мікроклонального розмноження, гібридизації, експериментального мутагенезу, культури ізольованих клітин, тканин та органів, а також експериментальної поліплоїдії [6].

#### **Методи інтродукційного прогнозування щодо рослин захищеного ґрунту**

Визнано помилковою думку щодо можливості повної імітації в тепличних комплексах природних чинників середовища. Це визначає доцільність попереднього вивчення екологічних умов зростання рослин на їх батьківщині з



метою отримання достовірного прогнозу щодо перспективи їх вирощування в умовах захищеного ґрунту. В основу специфічних концепцій екстраполяційного прогнозування щодо тропічних і субтропічних рослин покладено уявлення про екологічну амплітуду інтродуцентів, яка набуває прогностичного значення лише при порівнянні екологічних параметрів рослин у природних умовах та оранжерейних режимах (метод еколого-географічного порівняння).

Існують також інші аспекти прогнозування інтродукційної здатності тропічних рослин: інтродукційне районування земної кулі відповідно до фітокліматичної класифікації ботаніко-географічних районів-донорів вихідного матеріалу, онтогенетичне вивчення рослин з виявленням «критичних» (вразливих) етапів розвитку, біоморфологічне вивчення рослин (концепція біоморфотипів), порівняльне вивчення ритміки росту і розвитку рослин (метод фітофеноіндикаторів). Більшість концепцій прогнозування адаптивних реакцій теплолюбних рослин у захищеному ґрунті запозичені з теорії та методів оцінки інтродукційної здатності рослин відкритого ґрунту.

### **Інтерполяційні методи**

Густа мережа інтродукційних центрів, яка сформувалася на базі використання екстраполяційних методів, є передумовою інтерполяційного прогнозування адаптаційної здатності рослин. Принципова відмінність інтерполяційного напрямку в прогнозуванні полягає в тому, що прогноз результатів інтродукції здійснюють для рослин, які зростають у проміжних екологічних умовах між дослідженими в раніше створених інтродукційних центрах. Особливе значення інтерполяційні методи інтродукції мають у ландшафтному будівництві, де перспективне планування та підготовка прогнозних рішень є необхідними. На жаль, методи інтерполяції не отримали поширення. Організація їх розробки має бути пріоритетним завданням ботанічних садів та дендропарків, а в інтерполяційній технології важливе місце мають займати математичні методи та наявність

електронної бази даних. Значний досвід використання інтерполяційних методів прогнозування результатів інтродукції мають співробітники ботанічних установ Казахстану [41], де є всі передумови для реалізації інтерполяційного прогнозу.

### **Математичне моделювання як метод інтродукційного прогнозування**

В інтродукції рослин моделювання допомагає передбачити можливість існування організмів за межами їх ареалу за умови наявності вихідних даних (еколого-фітоценотичні характеристики регіонів, між якими здійснюють обмін інтродукційним матеріалом, та основні біологічні особливості кандидатів в інтродуценти).

Загальною теоретичною основою запропонованої нами моделі прогнозування інтродукційної здатності рослин є теорія оптимуму, яка розглядається з позицій загальної теорії систем, розробленої Ю.А. Урманцевим [51]. Наш варіант моделі являє собою систему регресійних рівнянь і дає змогу не лише описати залежність показника життєдіяльності інтродукованих рослин (стійкість, продуктивність, вихід біологічно активних речовин) від дії двох та більшої кількості чинників середовища, а і здійснити підбір такого поєднання екологічних чинників, за якого значення цього показника буде максимальним [10]. Для двохфакторного експерименту ця залежність описується рівнянням регресії:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_{1,2} X_1 X_2,$$

де  $Y$  — показник функціонування інтродуцента в нових умовах,  $X_1$  та  $X_2$  — лімітуючі екологічні чинники,  $B_0$ ,  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_{1,2}$  — коефіцієнти регресії, які кількісно оцінюють дію кожного чинника окремо та спільну їх дію.

У запропонованому варіанті реалізації моделі показником  $Y$  обрано показник життєвості рослин ( $Ж$ ) чи його енергетичний еквівалент ( $E$ ), а лімітуючими екологічними чинниками — середньомісячну температуру повітря ( $T$ ) і довжину дня ( $D$ ). Відібрані екологічні чинники визначають основні параметри вегетаційного періоду та корелятивно пов'язані

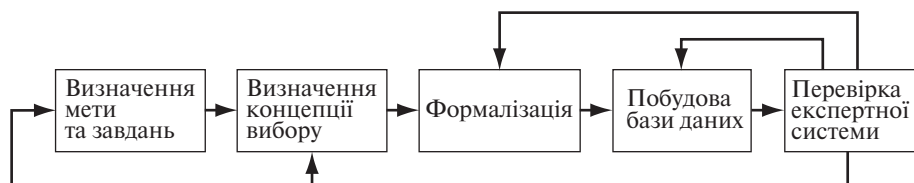


Схема побудови «Електронної експертної системи методів прогнозування»

з багатьма метеофакторами та екологічними умовами в цілому. За таких умов модель набуває вигляду:

$$Ж(Е) = V_0 + V_1T + V_2T + V_{1,2}TД.$$

### Метод експертних оцінок та алгоритми побудови бази даних щодо методів прогнозування

Метод ґрунтується на колективній експертизі фахівців з приводу цього питання (метод «Делфі»). На нашу думку, його використання пов'язане не з прогнозуванням реакції рослин на нові екологічні умови, а з відбором придатного для певних умов проведення інтродукційного експерименту методу прогнозу. Велика чисельність методів прогнозування та публікації їх у літературних джерелах з різних наукових дисциплін потребують систематизації цієї інформації та вільного до неї доступу. У зв'язку з цим набуває актуальності створення електронної бази даних щодо методів інтродукційного прогнозування.

Створення такої бази даних необхідне для упорядкування великого масиву інформації та вибору необхідного способу прогнозування реакції рослин на дію нових чинників середовища. Нами встановлено основні вимоги до бази даних, яка отримала назву «Електронна експертна система методів прогнозування» (ЕС), і розроблено алгоритм її побудови (рисунк).

Запропонований варіант послідовності дій зі створення ЕС легко відтворити на практиці, а її використання дає інформацію про існуючі способи прогнозування та сприяє вибору найоптимальнішого з них у конкретних умовах проведення інтродукційного експерименту [9].

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аврорин Н.А. Эколого-статистические методы в интродукции растений (по опыту Полярно-альпийского ботанического сада) / Н.А. Аврорин // Успехи интродукции растений. — М.: Наука, 1973. — С. 102—113.
2. Базилевская Н.А. Теория и методы интродукции растений / Н.А. Базилевская. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. — 131 с.
3. Большаков В.Н. Экологическое прогнозирование / В.Н. Большаков. — М.: Знание, 1983. — 64 с.
4. Булах П.Е. Луки природной флоры Средней Азии и их культура в Украине / П.Е. Булах. — К.: Наук. думка, 1994. — 124 с.
5. Булах П.Е. Методологические аспекты интродукционного прогноза / П.Е. Булах // Интродукция растений. — 1999. — № 1. — С. 30—35.
6. Булах П.Е. Физиолого-биохимические и генетические предпосылки интродукции растений / П.Е. Булах // Интродукция растений. — 2000. — № 3-4. — С.44—48.
7. Булах П.Е. Основные понятия и термины интродукции растений / П.Е. Булах // Интродукция растений. — 2001. — № 1-2. — С. 132—138.
8. Булах П.Е. Алгоритмы теории сходства в интродукции и селекции растений / П.Е. Булах // Интродукция растений. — 2002. — № 3-4. — С. 31—38.
9. Булах П.Е. Алгоритмы создания, хранения и использования информации о методах прогноза в интродукции растений / П.Е. Булах // Интродукция растений. — 2004. — № 3. — С. 3—6.
10. Булах П.Е. Математическое моделирование как метод интродукционного прогнозирования / П.Е. Булах // Интродукция растений. — 2009. — № 4. — С. 3—10.
11. Булах П.Е. Теория и методы прогнозирования в интродукции растений / П.Е. Булах. — К.: Наук. думка, 2010. — 111 с.
12. Булах П.Е. Теория устойчивости в интродукции растений / П.Е. Булах, Н.И. Шумик. — К.: Наук. думка, 2013. — 152 с.
13. Булах П.Є. Прогнозування як обов'язковий етап інтродукційної роботи / П.Є. Булах // Вісн. Київ. ун-ту імені Тараса Шевченка. — 1999. — Вип. 1. — С. 34—35.

14. Булах П.Є. Про неоднозначне розуміння термінів адаптація і акліматизація в інтродукції рослин / П.Є. Булах, Є.М. Єльпітіфоров, Н.І. Попіль // Інтродукція рослин. — 2017. — № 1 (73). — С. 3—10.
15. Вавилов Н.И. Избранные труды: В 2-х т. / Н.И. Вавилов. — Л.: Наука, 1967. — Т. 1. — 405 с.
16. Головкин Б.Н. Переселение травянистых многолетников на Полярный Север. Эколого-морфологический анализ / Б.Н. Головкин. — Л.: Наука, 1973. — 264 с.
17. Головкин Б.Н. Культурный ареал растений / Б.Н. Головкин. — М.: Наука, 1988. — 184 с.
18. Гродзинский А.М. Некоторые методологические вопросы интродукции растений / А.М. Гродзинский // Интродукция и акклиматизация растений. — 1984. — Вып. 2. — С. 3—5.
19. Гурский А.В. Основные итоги интродукции древесных растений в СССР / А.В. Гурский. — Л.; М.: Изд-во АН СССР, 1957. — 303 с.
20. Демидов А.С. Методика интродукционного прогнозирования в применении к тропическим и субтропическим растениям / А.С. Демидов // Бюл. ГБС РАН. — 1994. — Вып. 170. — С. 3—10.
21. Заверуха Б.В. О целесообразности проведения исследований в области этноботаники / Б.В. Заверуха // Биол. основы рац. использования, преобразования и охраны растительного мира: Мат. годич. сессии (Киев, 1-2 марта 1984). — К., 1984. — С. 34—38.
22. Зайцев Г.Н. Оптимум и норма в интродукции растений / Г.Н. Зайцев. — М.: Наука, 1983. — 269 с.
23. Івченко І.С. Розвиток дендрології у 18—20 ст. / І.С. Івченко. — К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2009. — 287 с.
24. Івченко І.С. Історичне формування дендрології / І.С. Івченко. — К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2011. — 351 с.
25. «Індонезія в Україні»: в рамках проекту будівництва садів Світу в НБС імені М.М. Гришка НАН України / Н.І. Попіль, М.І. Шумик, В.М. Остап'юк, П.Є. Булах, Т.С. Счепіцька, О.В. Клоєнко // Ландшафтна архітектура в Ботанічних садах і Дендропарках: X Міжнар. наук. конф.: Мат. конф., 12—15 червня 2018 р. — Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2018. — С. 95—99.
26. Колосова В.Б. Славянская этноботаника: очерк истории / В.Б. Колосова // Труды лингвистических исследований. — 2010. — Т. 6, ч. 1. — С. 7—30.
27. Коровин С.Е. Флора Ташкентского Алатау в перспективе интродукции / С.Е. Коровин // Тр. ГБС АН СССР. Сер. Экология и интродукция растений. — 1963. — Вып. 9. — С. 38—109.
28. Коровин С.Е. Интродукционный прогноз и его методические аспекты / С.Е. Коровин, А.С. Демидов // Журн. общ. биологии. — 1981. — Т. XLII, № 5. — С. 673—679.
29. Кохно Н.А. Клены Украины / Н.А. Кохно. — К.: Наук. думка, 1982. — 184 с.
30. Кохно Н.А. Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Украине / Н.А. Кохно, А.М. Курдюк. — К.: Наук. думка, 1994. — 186 с.
31. Краснов А.Н. Курс земледелия / А.Н. Краснов. — СПб., 1909. — 656 с.
32. Куйбіда В.В. Екологія і географічні назви / В.В. Куйбіда. — Фастів: Поліфаст, 2002. — 176 с.
33. Кульгасов М.В. Экологические основы интродукции растений природной флоры / М.В. Кульгасов // Тр. ГБС АН СССР. Сер. Экология и интродукция растений. — 1963. — Вып. 9. — С. 3—37.
34. Лаптев О.О. Інтродукція та акліматизація рослин з основами озеленення / О.О. Лаптев. — К.: Фітосоціоцентр, 2001. — 128 с.
35. Левенко Б.А. Трансгенные растения. Современное состояние, проблемы, перспективы / Б.А. Левенко. — К.: Дошкольник, 2000. — 304 с.
36. Максименко В.И. Прогнозирование в науке и технике / В.И. Максименко, Д. Эртель. — М.: Финансы и статистика, 1982. — 238 с.
37. Малая Российская энциклопедия прогнозистики. — М.: Институт экономических стратегий, 2007. — 326 с.
38. Малеев В.П. Теоретические основы акклиматизации растений: Приложение к Трудам по прикладной ботанике, генетике и селекции / В.П. Малеев. — Л.: Сельхозгиз, 1933. — 262 с.
39. Матвієнко В.Я. Прогностика / В.Я. Матвієнко. — К.: Українські пропілеї, 2000. — 484 с.
40. Мороз П.А. Аллелопатия в плодовых садах / П.А. Мороз. — К.: Наук. думка, 1990. — 208 с.
41. Проскураков М.А. Опыт и перспективы прогнозирования результатов интродукций древесных растений в Казахстане / М.А. Проскураков, В.Г. Рубаник // Бюл. ГБС РАН. — 1986. — Вып. 140. — С. 55—58.
42. Русанов Ф.Н. Новые методы интродукции растений / Ф.Н. Русанов // Бюл. ГБС АН СССР. — 1950. — Вып. 7. — С. 27—37.
43. Русанов Ф.Н. Метод родовых комплексов в интродукции растений и его дальнейшее развитие / Ф.Н. Русанов // Бюл. ГБС АН СССР. — 1971. — Вып. 81. — С. 15—20.
44. Сікура Й.Й. Інтродукція рослин (її значення для розвитку цивілізацій, ботанічної науки та збереження різноманіття рослинного світу) / Й.Й. Сікура, В.В. Капустян. — К.: Фітосоціоцентр, 2003. — 280 с.
45. Смик Г.К. Філогенетично-систематичний метод прогнозування інтродукційної здатності квіткових рослин / Г.К. Смик // Інтродукція та акліматизація рослин на Україні. — 1973. — Вип. 6. — С. 11—18.

46. Смык Г.К. Отбор интродуцентов и прогнозирование интродукционной способности вида / Г.К. Смык // Охрана, изучение и обогащение растительного мира. — 1989. — Вып. 16. — С. 43—46.
47. Собко В.Г. Интродукция редких и исчезающих растений флоры Украины в связи с их охраной / В.Г. Собко: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00 05. — Ялта, 1993. — 38 с.
48. Собко В.Г. Охрана редких видов растений флоры Украины. Систематический аспект / В.Г. Собко // Интродукция и акклиматизация растений. — 1993. — Вып. 17. — С. 12—16.
49. Сьюорд А.Я. Века и растения. Обзор растительности прошлых геологических периодов / А.Я. Сьюорд. — М.; Л., 1936. — 136 с.
50. Терентьев П.В. Метод корреляционных плеяд / П.В. Терентьев // Вестн. ЛГУ. Сер. Биол. — 1959. — № 9, вып. 2. — С. 137—141.
51. Урманцев Ю.А. Системный подход к проблеме устойчивости растений (на примере исследования зависимости содержания пигментов в листьях фасоли от одновременного действия на нее засухи и засоления) / Ю.А. Урманцев // Физиология растений. — 1979. — Т. 26, вып. 4. — С. 762—777.
52. Харкевич С.С. Пути использования и охраны природной флоры / С.С. Харкевич // Интродукция растений и зеленое строительство. — К.: Наук. думка, 1973. — С. 5—8.
53. Шумик М.І. Етноботанічний принцип формування експозиційних ділянок в ботанічних садах / М.І. Шумик, Н.І. Попіль // Інтродукція рослин: сучасний стан, проблеми та перспективи. Міжнародна наукова конференція (14—17 травня 2019 р.). — Харків, 2019. — С. 63—69.
54. Good D.O. A theory of plant geography / D.O. Good // The New Phytologist. — 1931. — Vol. 30, N 3. — P. 99—108.
55. Mayr H. Naturgesetzlicher Grundlage des Waldbaues / H. Mayr. — Berlin: Parey, 1909. — 366 p.
3. Bolshakov, V.N. (1983), Ekologicheskoye prognozirovaniye [Environmental forecasting]. Moskow: Znaniye, 64 p.
4. Bulah, P.Ye. (1994), Luki prirodnoy flory Sredney Azii i ikh kultura v Ukraine [Onions of natural flora of Central Asia and their culture in Ukraine]. Kyiv: Nauk. dumka, 124 p.
5. Bulah, P.Ye. (1999), Metodologicheskiye aspekty introduktsionnogo prognoza [Methodological aspects of the introduction of the forecast]. Introdukciya roslin [Plant Introduction], N 1, pp. 30—35.
6. Bulah, P.Ye. (2000), Fiziologo-biokhimicheskiye i geneticheskiye predposylki introduktsii rasteniy [Physiological, biochemical and genetic background of plant introduction]. Introdukciya roslin [Plant Introduction], N 3—4, pp. 44—48.
7. Bulah, P.Ye. (2001), Osnovnyye ponyatiya i terminy introduktsii rasteniy [Basic concepts and terms of plant introduction]. Introdukciya roslin [Plant Introduction], N 1—2, pp. 132—138.
8. Bulah, P.Ye. (2002), Algoritmy teorii skhodstva v introduktsii i selektsii rasteniy [Algorithms of the theory of similarity in the introduction and selection of plants]. Introdukciya roslin [Plant Introduction], N 3—4, pp. 31—38.
9. Bulah, P.Ye. (2004), Algoritmy sozdaniya, khraneniya i ispolzovaniya informatsii o metodakh prognoza v introduktsii rasteniy [Algorithms for creating, storing and using information about forecast methods in plant introduction]. Introdukciya roslin [Plant Introduction], N 3, pp. 3—6.
10. Bulah, P.Ye. (2009), Matematicheskoye modelirovaniye kak metod introduktsionnogo prognozirovaniya [Mathematical modeling as a method of introduction prediction]. Introdukciya roslin [Plant Introduction], N 4, pp. 3—10.
11. Bulah, P.Ye. (2010), Teoriya i metody prognozirovaniya v introduktsii rasteniy [Theory and methods of forecasting in the introduction of plants]. Kyiv: Nauk. dumka, 111 p.
12. Bulah, P.Ye. and Shumik, N.I. (2013), Teoriya ustoychivosti v introduktsii rasteniy [Theory of sustainability in plant introduction]. K.: Nauk. dumka, 152 p.
13. Bulah, P.Ye. (1999), Prohnozuvannya yak obovyazkovyy etap introduktsiyanoi roboty [Forecasting as a Compulsory Stage of Introductory Work]. Visnyk Kyivskoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka [Bulletin of the Taras Shevchenko University of Kyiv], N 1, pp. 34—35.
14. Bulah, P.Ye., Yelptiforov, Ye.M. and Popil, N.I. (2017), Pro neodnoznachne rozuminnya terminiv adaptatsiya i aklimatizatsiya v introduktsiyi roslin [About ambiguously different terminology of adaptation and acclimatization in industrial production]. Introdukciya roslin [Plant Introduction], N 1 (73), pp. 3—10.

Рекомендувала Н.В. Заіменко  
Надійшла 08.07.2019

#### REFERENCES

1. Avroryn, N.A. (1973), Ekologo-statisticheskie metody v introduktsii rasteniy (po opytu Polyarno-alpijskogo botanicheskogo sada) [Ecological and statistical methods in plant introduction (based on the experience of the Polar-Alpine Botanical Garden)]. Uspekhi introduktsii rasteniy [Success of plant introduction]. Moskow: Nauka, pp. 102—113.
2. Bazilevskaya, N.A. (1964), Teoriya i metody introduktsii rasteniy [Theory and methods of plant introduction]. Moskow: Izd-vo Mosk. un-ta, 131 p.

15. *Vavilov, N.I.* (1967), *Izbrannyye trudy: V 2-kh t.* [Selected Works: In 2 vol.]. Leningrad: Nauka, vol. 1, 405 p.
16. *Golovkin, B.N.* (1988), *Kultigennyy areal rasteniy* [Cultivated area of plants]. Moscow: Nauka, 184 p.
17. *Golovkin, B.N.* (1973), *Pereseleniye travyanistykh mnogoletnikov na Polyarnyy Sever. Ekologo-morfologicheskyy analiz* [Relocation of herbaceous perennials to the Polar North. Ecological and morphological analysis]. Leningrad: Nauka, 264 p.
18. *Grodzinskiy, A.M.* (1984), *Nekotoryye metodologicheskiye voprosy introduktsii rasteniy* [Some methodological issues of plant introduction]. *Introduktsiya i akklimatizatsiya rasteniy* [Plant introduction and acclimatization]. N 2, pp. 3–5.
19. *Gurskiy, A.V.* (1957), *Osnovnyye itogi introduktsii drevnykh rasteniy v SSSR* [The main results of the introduction of woody plants in the USSR]. Leningrad; Moscow: Izd-vo AN SSSR, 303 p.
20. *Demidov, A.S.* (1994), *Metodika introduktsionnogo prognozirovaniya v primenenii k tropicheskim i subtropicheskim rasteniyam* [The methodology of introduction prediction as applied to tropical and subtropical plants]. *Byul. GBS RAN* [Bull. the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences], N 170, pp. 3–10.
21. *Zaverukha, B.V.* (1984), *O tselesoobraznosti provedeniya issledovaniy v oblasti etnobotaniki* [On the feasibility of conducting research in the field of ethnobotany]. *Biol. osnovy rats. ispolzovaniya, preobrazovaniya i okhrany rastitelnogo mira: Mat. godich. sessii*, [Biol. basics of rat. use, transformation and conservation of the plant world: Mat. year Session]. Kyiv, 1-2 marta, pp. 34–38.
22. *Zaytsev, G.N.* (1983), *Optimum i norma v introduktsii rasteniy* [Optimum and normal in plant introduction]. Moscow: Nauka, 269 p.
23. *Ivchenko, I.S.* (2009), *Rozvytok dendrolohiyi u 18–20 stolytty* [The development of dendrology in the 18–20 centuries]. Kyiv: Vyd-vo NPU imeni M.P. Drahomanova, 287 p.
24. *Ivchenko, I.S.* (2011), *Istorychne formuvannya dendrolohiyi* [Historical formation of dendrology.]. Kyiv: Vyd-vo NPU imeni M.P. Drahomanova, 351 p.
25. *Popil, N.I., Shumyk, M.I., Ostapyuk, V.M., Bulakh, P.Ye., Schepitska, T.S. and Klyuyenko, O.V.* (2018), “Indoneziya v Ukrayini”: v ramkakh proektu budivnytstva sadiv Svitu v NBS imeni M.M. Hryshka NAN Ukrayiny [“Indonesia in Ukraine”: within the framework of the project of construction of the World Gardens in the NBS named after M.M. Gryshka NAS of Ukraine]. *Landshaftna arkhitektura v Botanichnykh sadakh i Dendroparkakh: X Mizhnar. nauk. klyf.: Mat. konf., 12–15 chervnya 2018 r.* [Landscape Architecture in Botanical Gardens and Arboretums: X International. Scienc. Conf.: Mat. Conf., June 12-15, 2018]. Kamyanets-Podilskyy: FOP Sysyn O.V., pp. 95–99.
26. *Kolosova, V.B.* (2010), *Slavyanskaya etnobotanika: ocherk istorii* [Slavic ethnobotany: an outline of history]. *Trudy lingvisticheskikh issledovaniy* [Transactions of Linguistic Studies], vol. 6, part 1, pp. 7–30.
27. *Korovin, S.Ye.* (1963), *Flora Tashkentskogo Alatau v perspektive introduktsii* [Flora of Tashkent Alatau in the perspective of introduction]. *Tr. GBS AN SSSR. Ser. Ekologiya i introduktsiya rasteniy* [Tr. GBS AN USSR. Ser. Ecology and plant introduction], vol. 9, pp. 38–109.
28. *Korovin, S.Ye. and Demidov, A.S.* (1981), *Introduktsionnyy prognoz i yego metodicheskiye aspekty* [Introduction forecast and its methodological aspects]. *Zhurn. obshch. Biologii* [Journal. general biology], vol. XLII, N 5, pp. 673–679.
29. *Kokhno, N.A.* (1982), *Kleny Ukrainy* [Maples of Ukraine]. Kyiv: Nauk. dumka, 184 p.
30. *Kokhno, N.A. and Kurdyuk, A.M.* (1994), *Teoreticheskiye osnovy i opyt introduktsii drevnykh rasteniy v Ukrainie* [Theoretical foundations and experience of introducing woody plants in Ukraine.]. Kyiv: Nauk. dumka, 186 p.
31. *Krasnov, A.N.* (1909), *Kurs zemledeliya* [The course of agriculture]. S. Petersburg, 656 p.
32. *Kuybida, V.V.* (2002), *Ekolohiya i heorafichni nazvy* [Ecology and geographical names.]. Fastiv: Polyfast, 176 p.
33. *Kultiasov, M.V.* (1963), *Ekologicheskiye osnovy introduktsii rasteniy prirodnoy flory* [Ecological basis of the introduction of plants of natural flora]. *Tr. GBS AN SSSR. Ser. Ekologiya i introduktsiya rasteniy* [Tr. GBS AN USSR. Ser. Ecology and plant introduction], vol. 9, pp. 3–37.
34. *Laptev, O.O.* (2001), *Introduktsiya ta akklimatizatsiya roslyn z osnovamy ozelenennya* [Introduction and acclimatization of plants with the basics of landscaping]. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 128 p.
35. *Levenko, B.A.* (2000), *Transgennyie rasteniya. Sovremennoye sostoyaniye, problemy, perspektivy* [Transgenic plants. Current state, problems, prospects]. Kyiv: Doshkolnik, 304 p.
36. *Maksimenko, V.I. and Ertel, D.* (1982), *Prognozirovaniye v nauke i tekhnike* [Forecasting in science and technology]. Moscow: Finansy i statistika, 238 p.
37. *Malaya Rossiyskaya entsiklopediya prognostiki* [Small Russian Encyclopedia of Forecasting]. (2007), Moscow: Institut ekonomicheskikh strategiy, 326 p.
38. *Maleyev, V.P.* (1933), *Teoreticheskiye osnovy akklimatizatsii rasteniy: Prilozheniye k Trudam po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* [Theoretical Foundations of Plant Acclimatization: Appendix to the Works on Applied Botany, Genetics and Breeding.]. Leningrad: Selkhozgiz, 262 p.
39. *Matviyenko, V.Ya.* (2000), *Prohnostryka* [Prognosis]. Kyiv: Ukrayinski propileyi, 484 p.

40. *Moroz, P.A.* (1990), Allelopatiya v plodovykh sadakh [Allelopathy in orchards]. Kyiv: Nauk. dumka, 208 p.
41. *Proskuryakov, M.A. and Rubanik, V.G.* (1986), Opyt i perspektivy prognozirovaniya rezultatov introduktsiy drevesnykh rasteniy v Kazakhstane [Experience and prospects for predicting the results of introductions of woody plants in Kazakhstan]. Byul. GBS AN SSSR [Bull. Main Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences]. vol. 140, pp. 55–58.
42. *Rusanov, F.N.* (1950), Novyye metody introduktsii rasteniy [New methods of plant introduction]. Byul. GBS AN SSSR [Bull. Main Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences], N 7, pp. 27–37.
43. *Rusanov, F.N.* (1971), Metod rodovykh kompleksov v introduktsii rasteniy i yego dalneysheye razvitiye [The method of generic complexes in the introduction of plants and its further development]. Byul. GBS AN SSSR [Bull. Main Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences], vol. 81, pp. 15–20.
44. *Sikura, Y.Y. and Kapustyan, V.V.* (2003), Introduktsiya roslyn (yiyi znachennya dlya rozvytku tsyvilizatsiy, botanichnoyi nauky ta zberezheniya riznomanitya roslynnoho svitu) [Introduction of plants (its importance for the development of civilizations, botanical science and conservation of the diversity of flora)]. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 280 p.
45. *Smyk, H.K.* (1973), Filohenetychno-systematichnyy metod prohnozuvannya introduktsiynoyi zdatnosti kvitkovykh roslyn [A phylogenetic and systematic method for predicting the introduction capacity of flowering plants]. Introduktsiya ta aklimatyzatsiya roslyn na Ukraini [Plant introduction and acclimatization in Ukraine], N 6, pp. 11–18.
46. *Smyk, H.K.* (1989), Otorb introdutsentov i prognozirovaniye introduktsionnoy sposobnosti vida [Selection of introducers and prediction of the introduction ability of a species]. Okhrana, izucheniyе i obogashcheniye rastitelnogo mira [Protection, study and enrichment of the plant world], N 16, pp. 43–46.
47. *Sobko, V.G.* (1993), Introduktsiya redkikh i ischezayushchikh rasteniy flory Ukrainy v svyazi s ikh okhranoю [Introduction of rare and endangered plants of the flora of Ukraine in connection with their protection.]. Avtoref. dis. ... dok. biol. Nauk [Abstract dis. ... doc. biol. sciences]: 03.00 05. Yalta, 38 p.
48. *Sobko, V.G.* (1993), Okhrana redkikh vidov rasteniy flory Ukrainy. Sistematischeskiy aspekt [Protection of rare plant species of the flora of Ukraine. Systematic aspect]. Introduktsiya i aklimatizatsiya rasteniy [Introduction and acclimatization of plants], N 17, pp. 12–16.
49. *Syuord, A.Ya.* (1936), Veka i rasteniya. Obzor rastitelnosti proshlykh geologicheskikh periodov [Century and plants. Overview of vegetation from past geological periods]. Moskow; Leningrad, 136 p.
50. *Terentyev, P.V.* (1959), Metod korrelyatsionnykh pleyad [Method of correlation pleiads]. Vestn. LGU. Ser. Biol. [Vestn. LSU. Ser. Biol.], N 9, iss. 2, pp. 137–141.
51. *Urmantsev, Yu.A.* (1979), Sistemnyy podkhod k probleme ustoychivosti rasteniy (na primere issledovaniya zavisimosti sodержaniya pigmentov v list'yakh fasoli ot odnovenennogo deystviya na neyo zasukhi i zasoleniya) [A systematic approach to the problem of plant resistance (on the example of a study of the dependence of the pigment content in bean leaves on the simultaneous action of drought and salinity on it)]. Fiziologiya rasteniy [Plant Physiology], vol. 26, N 4, pp. 762–777.
52. *Kharkevich, S.S.* (1973), Puti ispolzovaniya i okhrany prirodnoy flory [Ways to use and protect the natural flora]. Introduktsiya rasteniy i zelenoye stroitelstvo [Plant introduction and green building]. Kyiv: Nauk. dumka, pp. 5–8.
53. *Shumyk, M.I. and Popil, N.I.* (2019), Etnobotanichnyy pryntsyyp formuvannya ekspozitsiynnykh dilyanok v botanichnykh sadakh [Ethnobotanical principle of formation of exposition sites in botanical gardens]. Introduktsiya roslyn: suchasnyy stan, problemy ta perspektivy. Mizhnarodna naukova konferentsiya (14–17 travnya 2019) [Plant introduction: current state, problems and prospects. International Scientific Conference (May 14–17, 2019)]. Kharkiv, pp. 63–69.
54. *Good, D.O.* (1931), A theory of plant geography. The New Phytologist, vol. 30, N 3, pp. 99–108.
55. *Mayr, H.* (1909), Naturgesetzlicher Grundlage des Waldbaues. Berlin: Parey, 366 p.

Recommended by N.V. Zaimenko  
Received 08.07.2019

Н.И. Шумик, П.Е. Булах, Н.И. Попіль  
Национальный ботанический сад  
имени Н.Н. Гришко НАН Украины,  
Украина, г. Киев

ИНТРОДУКЦИОННЫЙ ПРОГНОЗ  
КАК ВАЖНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОЕКТА  
СТРОИТЕЛЬСТВА САДОВ МИРА В  
НАЦИОНАЛЬНОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ  
ИМЕНИ Н.Н. ГРИШКО НАН УКРАИНЫ. ЧАСТЬ I

В исторической последовательности освещены роль и место научного прогнозирования в интродукции растений и ландшафтном строительстве. Разработанные нашими предшественниками принципы «Общей прогностики» и ее основные положения приняты нами для формирования прогностического аппарата интродукции растений. Прогноз рассматривается как

теоретическая база и необходимый первоначальный этап интродукционного процесса. Научное направление по предвидению последствий переселения растений окончательно не сформировалось, но нет сомнений в необходимости внедрения прогностических технологий в ботанических садах и дендропарках для выявления адаптационных возможностей инородных растений, призванных украшать ландшафты новых для них регионов.

В историческом аспекте рассмотрено значение прогноза адаптационной способности растений в исследовании природного и культурного наследия народов мира. Кратко проанализирована мировая история этноботаники, которая дала толчок к распространению этого направления исследований в ботанических учреждениях Украины. Национальный ботанический сад имени Н.Н. Гришко НАН Украины стал ведущим учреждением по демонстрации экспозиций по такому принципу.

Особое внимание уделено отбору методов прогноза для создания этноботанических экспозиций. Поскольку таких методов очень много, приведены принципы и система их классификации. По принятой схеме анализируются: классические методы интродукции растений, имеющие прогностическое значение; нераспространенные экстраполяционные методы прогнозирования; физиолого-биохимические и генетические предпосылки интродукции; особенности интродукционного прогнозирования для растений закрытого грунта; интерполяционные методы; методы математического моделирования.

Объясняется необходимость создания базы данных о методах прогнозирования. Приведены алгоритм построения и основные требования к базе данных. Использование «Электронной экспертной системы методов прогнозирования» дает информацию о существующих способах прогнозирования и способствует выбору оптимального из них в конкретных условиях проведения интродукционного эксперимента. Практическая реализация апробированных нами упомянутых методов и их модификаций для создания садов Мира будет рассмотрена во второй части статьи.

**Ключевые слова:** этноботаника, интродукция растений, сады Мира, прогнозирование адаптационной способности растений, методы прогноза, расширение ассортимента интродуцированных растений, интродукционное районирование, принципы построения экспозиционных участков мировой флоры.

*M.I. Shumyk, P.E. Bulakh, N.I. Popil*

M.M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, Kyiv

INTRODUCTION FORECAST  
AS AN IMPORTANT CONSTITUENT  
OF THE WORLD GARDEN BUILDING PROJECT  
IN M.M. GRYSHKO NATIONAL BOTANICAL  
GARDEN OF THE NAS OF UKRAINE. PART 1

The role and place of scientific forecasting in plant introduction and landscape construction have been considered in the historical sequence. Developed by our predecessors of the principle of "General prognosis" and its basic provisions, we put in the formation of prognostic apparatus of plant introduction. The forecast is considered as a theoretical basis and a necessary and initial stage of the introduction process. Scientific direction for anticipating the effects of plant relocation has not yet been fully formed, but there is no doubt that the introduction of prognostic technologies in botanical gardens and arboreturns to identify the adaptive capacity of foreign plants to decorate the landscapes of new regions for them.

The historical aspect considers the importance of predicting the adaptive capacity of plants in the study of the natural and cultural heritage of the peoples. The world history of ethnobotany has been briefly analyzed, which has given impetus to the dissemination of this field of research in the botanical institutions of Ukraine, M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine has become a leading exposition agency on this principle.

Particular attention is paid to the selection of forecasting methods for the creation of ethnobotanical exposures. Since there are dozens of such diverse methods, the principles and system of their classification are outlined. According to the adopted scheme are analyzed: classical methods of plant introduction, which have prognostic value; non-common extrapolation forecasting methods; physiological, biochemical and genetic prerequisites for introduction; features of introductory forecasting for plants of protected soil; interpolation methods; methods of mathematical modeling.

The need to create a database of forecasting methods is explained. Their algorithms and basic requirements for the database are presented. The use of the Electronic Expert System of Forecasting Methods gives information about the existing methods of forecasting and helps to choose the optimal introduction of the experiment in the specific conditions. The practical implementation of the aforementioned methods we have tried and their modifications for the creation of World Gardens will be discussed in the second part of the article.

**Key words:** ethnobotany, plant introduction, world gardens, prediction of plant adaptive capacity, forecasting methods, extension of the range of introduced plants, introductory zoning, principles of construction of exposition areas of the world flora.