

УДК 631.4:631.95:502.7

Екологія

О.Б. Вовк, Ю.М. Чернобай

СТАНОВЛЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕКОЛОГІЇ АНТРОПОГЕНІЗОВАНИХ ҐРУНТІВ

Вовк О.Б., Чернобай Ю.Н. Становление и перспективы исследований экологии антропогенизированных почв // Науч. зап. Гос. природоведч. музея. – Львов, 2006. – Вып. 22. – С. 79-92.

Проанализированы основные этапы и результаты исследований особенностей формирования и функционирования антропогенизированных почв в мире. Подытожены результаты исследований антропогенных почв Расточья-Ополя коллективом Лаборатории экологии и антропогенеза почв в Государственном природоведческом музее НАН Украины. Определены перспективные уровни дальнейших исследований, а именно: типологический, экосистемный и природоохранный. Обозначены основы, ресурсы и природоохранные результаты внедрения музейного почвенного мониторинга.

Vovk, O., Chornobay, Y. Development and perspectives of studies on anthropogenic soil ecology // Proc. of the State Nat. Hist. Museum. – Lviv, 2006. – 22. – P. 79-92.

The main stages and results of studies on forming and functioning of anthropogenic soils worldwide are analyzed. The results on studies of anthropogenic soils of the Roztochia-Opillia region by the laboratory of soil ecology and anthropogenesis of the State Museum of Natural History are summarized. The perspective directions of future studies, like typological, ecosystem and nature conservation, are identified. The basic principals, resources and nature conservation results are recognized for implementation into museum soil monitoring system.

На сучасному етапі розвитку ґрунтознавчої науки жоден дослідник або науково-дослідна школа не ставить під сумнів існування окремого типу, або навіть класу – антропогенних ґрунтів. Власне перехід антропогенного фактору зміни біосфери в ранг планетарного і необхідність відновлення рівноваги в екосистемах різного рівня привернуло увагу до її ґрунтової складової. Ґрунт (як природний, так і антропогенно модифікований) – біокосна система, здатна зберігати інформацію про функціональну структуру корінної екосистеми та стимулювати механізми її відродження або поновлення на місці антропогенно обумовленого прототипу. Залежно від ступеня збереженості первинної генетичної інформації в ґрунті, можна прогнозувати спрямованість та тривалість відновних сукцесій. Однак практично неможливо достовірно визначити носієм якої інформації є ґрунт, штучно створений або докорінно змінений людиною, тобто власне антропогенний ґрунт, і якого типу екосистема формується в процесі демутації. Сьогодні залишається актуальним питання розроблення методологічного уявлення про місце антропогенного ґрунту в сучасній ґрунтознавчій науці, його функціональну спроможність та особливості поширення, яке посідає вагоме місце у науково-дослідній, науково-фондовій та експозиційній роботі Державного природознавчого музею НАН України.

Вивчення різноманітності форм участі ґрунту у функціонуванні і динаміці екосистем – головний стрижень екології ґрунту, напрямку, який знаходиться на стику декількох наукових дисциплін і використовує термінологічно-методичну базу ґрунтознавства, екології, ландшафтознавства та інших суміжних наук. Виявлення

механізмів функціонування ґрунту в екосистемах різного типу та рангу приходить на зміну дослідженням ґрунту, як субстрату для отримання рослинної продукції. Адже вихідне, “докучаєвське” визначення ґрунту, є функціональним, а не субстратним. Донедавна зворотна дія ґрунту на всю сукупність компонентів середовища, що впливають на нього, комплексно не вивчалась. Роботи в даному напрямку велись фрагментарно і стосувались, в основному, ролі ґрунтів в життєвих циклах рослин [54] та ґрунтових мікроорганізмів [51].

Метою нашої роботи було об'єктивно оцінити наукові здобутки визначеного напрямку досліджень в музеї у розрізі світових та національних напрацювань в галузі антропогенного ґрунтознавства та накреслити перспективні рівні подальших досліджень.

Поняття “екологія ґрунту” або “педоекологія”, яке сьогодні переросло у окрему галузь досліджень, запропоноване в 1963 р. В.Р. Волобуєвим [12]. Його монографічна робота привернула увагу до екологічної проблематики в ґрунтознавстві і надала поштовху науковій дискусії, яка розгорілась навколо використання терміну “екологія ґрунту”. Зрештою цей термін було визнано науковцями, які і запропонували розглядати екологію ґрунту як окремий розділ ґрунтознавства [29, 59].

З моменту становлення і до сьогодні роботи в цьому напрямку досліджень здебільшого ведуться по двох науково-прикладних векторах: перший – формування та функціонування ґрунтів техногенних ландшафтів, другий – формування та функціонування ґрунту в умовах міста. Зупинимось детальніше на основних наукових здобутках цих досліджень.

Період максимального розвитку досліджень, спрямованих на оптимізацію техногенних ландшафтів та відновлення їхнього ґрунтово-рослинного покриву, припадає на 70-80-ті роки 20 століття [27, 69]. Результати наукових досліджень лягли в основу робіт по відновленню або поліпшенню в першу чергу господарських функцій ґрунту [22]. Господарські функції, що визначаються як здатність ґрунту давати сільськогосподарську продукцію, піддаються швидшому відновленню, ніж екологічні, які визначаються як здатність ґрунту створювати і регулювати умови існування ґрунтових організмів і несуть в собі складну взаємодію поживного, геохімічного, водно-повітряного режимів і інших властивостей ґрунту в певному середовищі існування [3]. Низка наукових робіт стосувалась проблем впровадження лісгосподарських, сільськогосподарських та рекреаційних заходів рекультивативної території, порушених процесами відкритого видобутку та підземного виплавлення сірки на Передкарпатті [17, 23, 46].

Поряд з роботами регіонального і господарського значення, особливу увагу слід звернути на дослідження, спрямовані на розкриття глибоких механізмів ґрунтоутворення на рівні виявлення біохімічних та біофізичних ознак та закономірностей розвитку техногенних ґрунтів. Розкрито механізми регулювання швидкості та тривалості гумусоутворення на перших стадіях формування ґрунту, співвідношення між мінералізацією і гумусонакопиченням [42, 89, 101], формування структури гумусових речовин молодих ґрунтів [26, 39, 66, 71]. Нагромаджено матеріал щодо впливу різноманітних факторів на швидкість мінералізації органічної речовини і мікробіотичну активність ґрунту [1, 24, 79, 83, 85, 100], як індикаторних показників екологічного стану порушених екосистем [82]. Досліджено особливості структурування молодих ґрунтів [43], оскільки власне структура ґрунту, на перших

етапах його розвитку, визначає широкий комплекс середовищних функцій ґрунту. Проводились комплексні дослідження гранулометричного складу і гіпергенної трансформації розкритих порід [61], сингенетичних рослинних сукцесій, ґрунтової фауни, біогенної і геохімічної міграції елементів-біофілів, виникнення і протікання елементарних процесів ґрунтоутворення [52]. Проаналізовано процеси природного заростання техногенних субстратів [44]. Низка наукових праць присвячена функціонуванню ґрунтів та ґрунтових субстратів техногенних комплексів без проведення рекультивациі, де формування ґрунту та поновлення його екологічних функцій проходить при самовільному заростанні [32, 65, 67, 90].

Вивчення особливостей ґрунтоутворення в межах міста – молодший напрямок досліджень, однак, вже понад сто років тому, засновник ґрунтознавства В.В. Докучаєв звернув увагу на необхідність дослідження Санкт-Петербурга, як природно-антропогенної екосистеми [21]. На наш час припадає період розробки вчення про міські екосистеми і роль в них ґрунтів. Повноцінного розвитку набув цей напрямок дослідження в Росії, Німеччині, Польщі, США [50, 86, 91, 94, 97]. В Україні урбоекологія знаходиться на етапі розробки методологічних засад вивчення урбоекосистеми і, що особливо важливо, обґрунтування доцільності її вичленування в окремий тип природно-антропогенного ландшафту [16, 37]. Зроблено спробу визначити місце і значення урбаністичного комплексу в біогеоценотичному покриві Карпатського регіону [4, 70].

Зростає інтерес до вивчення міських ґрунтів та спектра тих екологічних функцій, які може виконувати ґрунт в умовах міста [41, 64, 84, 91]. Вагомий вплив на формування ґрунту в умовах міста має тип землекористування та функціональне призначення території (житлова забудова, промислова зона, лісопарк тощо), оскільки міський ґрунт несе на собі відбиток структури і функцій землекористування. Широко розглядаються механізми та наслідки різноінтенсивного рекреаційного впливу на ґрунтовий покрив [30, 34, 60]. Результати комплексних досліджень міських ґрунтів колективом спеціалістів під керівництвом Г.В. Добровольського представлено у монографії “Город, почва, экология” [50]. В згаданій праці обговорюються принципи теоретичні аспекти екології міських ґрунтів: генезис і властивості, класифікація, їх роль в міських екосистемах, екологічні функції та їх трансформація під впливом різних типів використання. На прикладі мегаполіса Москви розглядається сучасний стан ґрунтового покриву міста, подаються рекомендації щодо використання та охорони ґрунтів. Зроблено перші спроби визначити комплекс заходів для оцінки та моніторингу міських земель з елементами їх охорони [40, 53, 57]. Розглядаються можливі шляхи еволюції ґрунту в міських умовах [62].

З метою вдосконалення міського середовища для потреб проживання людини та існування біоти все більше уваги приділяється вивченню геохімічного стану міських ґрунтів. Отримано дані про рівні забруднення атмосфери, рослинності, ґрунту важкими металами та вуглеводнями [14, 45, 92], про закономірності їх розподілу з віддаленням від промислових підприємств та найбільших автомагістралей міста [13, 58, 72]. Дослідження культурних шарів міст виявило, що специфічні умови їх функціонування роблять можливим утворення нових мінералів, більшість з яких є індикаторами екологічної ситуації як в товщі культурного шару, так і на його поверхні [5, 28, 88]. Отримані дані послужили базисом для розробки принципів

грунтово-геохімічного моніторингу [31] та картування [2;20] для оцінки екологічної стійкості міського середовища [15].

Ще з початку минулого століття вчених приваблювало вивчення особливостей геологічної будови, флори та фауни міста Львова та його околиць [80, 93, 96]. Але жодного разу дослідження не стосувались ґрунту, як компоненту міського ландшафту. Вперше детальна покомпонентна характеристика урбанізованої екосистеми Львова, історія її формування та розвитку розкрита в монографіях В.П. Кучерявого [35, 37]. Ґрунтова складова розглядається з точки зору субстрату для зелених насаджень, відповідною є її класифікація [36]. Набирає ваги ландшафтний підхід до територіальної оцінки міста Львова [33]. Інваріантність ландшафтно-структури в місті спостерігається на рівні урочищ, які є найдрібнішими природно-територіальними одиницями, що формують природний каркас забудованих територій. В межах Львова виділено низку ландшафтно-архітектурних комплексів, які можна розглядати як окремий тип геотехнічних систем.

Незважаючи на вагомі наукові здобутки в галузі екології ґрунту та антропогенного ґрунтознавства, низка питань щодо особливостей формування, а особливо функціонування антропогенних ґрунтів, їх місця в сучасному ґрунтовому покриві, залишаються не висвітленими. Потребують уточнення механізми реалізації основних екологічних функцій природно-антропогенними та антропогенними ґрунтами в умовах міста та техногенно-промислових комплексах, де інші компоненти ландшафту значною мірою редуковані.

Взявши до уваги актуальність проблематики галузі екології антропогенних ґрунтів, в науковому колективі Державного природознавчого музею НАН України у 1999 р. було створено Лабораторію екології та антропогенезу ґрунтів. Одним з основних напрямків роботи лабораторії було з'ясування генезису, властивостей та функціональної спроможності антропогенних ґрунтів (на прикладі найбільших урботехноекосистем Розточчя-Опілля).

В дослідженнях цього напрямку вже можна говорити про певні узагальнення та наукові здобутки. На підставі даних про особливості формування та властивості досліджених ґрунтів, запропоновано схему структурної організації ґрунтового покриву антропогенних ландшафтів Розточчя-Опілля. Визначено діагностичні характеристики домінуючих типів природно-антропогенних та антропогенних ґрунтів регіону. Так, встановлено, що в ґрунтовому покриві кар'єрно-промислових ландшафтів переважають техноґрунти, а міських – урбаногрунти та урбаноземи [77, 98, 99]. Вивчено водно-фізичні, фізико-хімічні та біотичні властивості ґрунтів, утворених за домінування техногенних або урбаногенних (селітебних і рекреаційних) факторів ґрунтоутворення [6, 7].

Одним з індикаторів екологічного стану порушених ґрунтів було обрано їх мікробіотичну активність. Порівняльний аналіз актуальної та потенційної активності ґрунтової мікробіоти дозволив виявити їх прихований екологічний потенціал, який може бути реалізований за сприятливих едафічних умов [8, 10]. На основі просторово-часового аналізу функціональних параметрів мікробіоти розроблено модель спіральньо-флуктуаційного перебігу розвитку техногенно змінених біокомплексів [76]. Результати багаторічних досліджень дозволили обґрунтувати основні напрямки оптимізації та відновлення екологічних функцій антропогенних

грунтів. Вони утворюють два вектори направлених або на самовідновлення функцій, або на відновлення функцій шляхом додаткового втручання людини [7].

Отримані результати та їх наукове осмислення дозволили зробити поступ вперед і накреслити наступні перспективні напрямки досліджень. Вони допомогли визначити, які ґрунти та ґрунтові новоутворення, поряд з природними ґрунтами, слід аналізувати для повноти оцінки екологічного стану ґрунтового покриву урбо- і техноекосистем та набір яких параметрів їх стану буде репрезентативним для проведення подібної оцінки. Однак концептуальним для подальших досліджень в галузі екології ґрунтів є визначення кола об'єктів, до яких може бути застосована методологія і методика ґрунтових досліджень [18].

Оскільки ґрунт – це не тільки результат, але й арена, де відбувається взаємодія факторів-ґрунтоутворювачів, а також продукт такої взаємодії, його не завжди легко виокремити в структурі екосистеми. Сама по собі організація природного тіла не може служити надійною основою для розділення “ґрунтів” і “неґрунтів”. Педотурбації, в тому числі і спричинені людиною, відносяться до категорії ґрунтотворних процесів, а ґрунти, що при цьому утворюються, належать до ґрунтового покриву, а іноді повністю його формують. Антропогенні ґрунти та новоутворення часто не відповідають основним характеристикам природних ґрунтів, більш мозаїчні та генетично не структуровані. Водночас, вони займають в екосистемі те місце, яке переважно належить ґрунтам і, що особливо важливо, виконують функції ґрунту, а саме: забезпечують провідні ланки колообігу речовин та розподілу енергії в цілій екосистемі, забезпечують життєвий простір та поживні речовини, необхідні для росту та розвитку ґрунтової і надґрунтової флори та фауни, трансформацію неспецифічної та специфічної речовини, формують “пам'ять” ландшафту [19]. Отже, власне функціональна, а не субстратна складова є визначальною для розмежування ґрунтів та породних субстратів.

Методологічно-термінологічна невизначеність в дослідженнях антропогенних ґрунтів є причиною дискусій щодо місця цих ґрунтів в національній та низці світових класифікаційних систем. Невпорядкованість методів досліджень та використання різних діагностичних ознак призводить до виділення антропогенних ґрунтів на різних ієрархічних рівнях класифікацій – від класу до типу [68]. На сьогоднішній день існує три загальновізанані класифікаційні системи, до складу якої частково входять і антропогенні ґрунти – це легенда до ґрунтової карти світу, складена ФАО [87], класифікація ґрунтів США [95] та нова субстантивно-генетична класифікація ґрунтів Росії [81].

В Україні лише набуває розвитку напрямок діагностики міських ґрунтів, тому говорити про їх класифікацію є завчасно. Однак цікаві наукові результати, які отримані дослідниками ґрунтового покриву Львова, Дніпропетровська, Харкова та ряду інших міст, створюють неоціненну фактичну базу для майбутніх узагальнень. Безсумнівним є лише один класифікаційний постулат – типовим міським ґрунтом є урбанозем [9, 41].

Вітчизняна ґрунтознавча наука мало уваги приділяла дослідженню міських ґрунтів, натомість проблеми генезису та класифікації ґрунтів гірничо-промислових комплексів розроблялись здавна. На сьогоднішній день ці роботи становлять вагомий науковий здобуток вітчизняного ґрунтознавства. Так, розроблено класифікаційну схему антропогенних ландшафтів Донбасу, до якої окремими класами входять

селітебні (сільські, міські багатоповерхові та селітебно-промислові типи, які виділені за кількістю населення) та промислово-індустріальні (кар'єрно-добувні, акумулятивно-відвальні, комунікаційно-дорожні та індустріальні типи, які виділені за видом виробництва) ландшафтні комплекси [55]. Розробка цієї, однієї з перших, класифікаційної схеми дала поштовх до покомпонентного вивчення виділених ландшафтів.

На основі даних, отриманих в ході довготривалих експериментальних досліджень техногенного ґрунтового покриву різних природних зон України, розроблена класифікація і діагностика техногенних ґрунтів [25]. Техногенні ґрунти відносять до класу “антропогенних ґрунтів”, в якому їх розглядають на рівні ряду. За будовою ґрунтового профілю і основними властивостями, техногенні ґрунти підрозділяють на типи, а саме: педоземи – з насипним гумусовим шаром, літоземи – без гумусового шару, літогенно-дернові, хемоземи та хемоземи рекультивовані. Використавши засади вищенаведеного підходу, Р.М. Панас розширив типологічний ряд техногенних ґрунтів за рахунок долучення специфічних ґрунтових новоутворень в зоні сірчано-видобувних комплексів Передкарпаття [47]. Додатково виділено літогідроземи або літоземи намивні – ґрунти, які формуються на відпрацьованих гідровідвалах сірконосного басейну.

Номенклатура і діагностика ґрунтів України, за якими сьогодні працює більшість вітчизняних ґрунтознавців, була розроблена колективом авторів ще у 70-80-х роках 20 ст. і опублікована як “Полевой определитель почв” [48]. Антропогенні ґрунти як клас в цій класифікації не представлені, однак на рівні типу виділені рекультивовані ґрунти (які в пізніших публікаціях було названо рекультивеземами), насипні ґрунти та переміщені породи. Рекультивовані ґрунти, або рекультивеземи – єдиний тип антропогенних ґрунтів, ієрархічна класифікація яких розроблена до рівня виду [49]. Слід зазначити, що в багатьох типах зональних природних ґрунтів України (темно-каштанові, лучно-каштанові, лучнувато-буроземні тощо) на рівні підтипу, важливою діагностичною ознакою обрано тип сільськогосподарського використання – плантажування або осушення, що і відображено в повній назві відповідних ґрунтів [48]. Отже, попри очевидний поступ у вдосконаленні національної класифікації ґрунтів, не охопленими нею залишається ряд природно-антропогенних та антропогенних ґрунтів, у вивченні і поглибленні класифікації яких ми вбачаємо пріоритетний науковий і ресурсознавчий інтерес.

На основі відомих класифікаційних підходів [38, 63] та узагальнень власних досліджень, нами запропоновано схему структури ґрунтового покриву антропогенних ландшафтів Розточчя-Опілля, яка об'єднує два ґрунтових класи – антропогенних та природно-антропогенних ґрунтів. Серед антропогенних ґрунтів, відповідно до їх походження, морфології та властивостей, виділено наступні типи: урбаноземи, техноземи, урбаногрунти та техногрунти [9]. Запропонована схема не є кінцевим результатом досліджень і потребує доопрацювання в сторону поглиблення ієрархії від типу до підтипу, роду, виду, розряду тощо за рахунок уніфікації діагностичних характеристик кожного рівня та в сторону апробації даної класифікації в межах інших фізико-географічних областей заходу України.

Моніторингове спрямування наукової тематики природознавчого музею та відділу антропогенезу природних екосистем обумовила навершення ґрунтово-екологічних досліджень на оцінку природно-антропогенного різноманіття ґрунтового

покриву об'єктів природно-заповідного фонду заходу України з метою визначення його збереженості та охоронної цінності. Початок цим дослідженням поклали ідеї і методологічні підходи щодо музейного документування ґрунтів одного з авторів даної статті [11, 73, 75]. Оцінка структури ґрунтового покриву природоохоронних об'єктів різного рангу, яку в більшості випадків намагались провести за матеріалами лісотипологічних обстежень лісництв в 60-70-х роках 20 ст., зовсім не задовільняє природоохоронні потреби з огляду сучасних підходів еколого-генетичного ґрунтознавства. Сучасні ґрунтові обстеження заповідних територій мають бути багаторівневими, базуватись на нових методологічних засадах і вирішувати низку завдань, які виникають з розвитком науково-природоохоронної справи. На основі еколого-функціонального підходу, колективом Лабораторії екології та антропогенезу ґрунтів розроблено схему досліджень ґрунтового покриву природоохоронних територій [78]. Ця схема була апробована на території НПП "Гуцульщина", РЛП "Знесіння", заказника "Дача Галілея", пам'ятки природи "Стільська", "Пам'ятка Пеняцька" та для обґрунтування створення НПП "Притисянський". Особливістю здійснених еколого-ґрунтових досліджень є вивчення всього спектру природно-антропогенного розмаїття ґрунтів заповідного об'єкта з виділенням осередків особливо цінних ґрунтових відмін, рекомендаціями щодо їх охорони та осередків загрозового стану ґрунтів і шляхи його подолання.

В музейних спеціалізованих фондах "ґрунти" сформовано відповідні регіональні колекції типових ґрунтів досліджених об'єктів та загальні бази даних, що дозволить отримувати нову наукову інформацію, застосовуючи прогресивні методи досліджень. Окрім того, ці колекції є фундаментальним базисом для започаткування та реалізації музейного ґрунтового моніторингу. На основі отриманих даних розроблені об'єктивні заходи щодо збереження або підвищення охоронної цінності ґрунтів, рекомендації щодо оптимізації, а в деяких випадках і запровадження, природоохоронного зонування, заходи для підвищення протиерозійної стійкості цінних ґрунтових ареалів, подолання або регулювання рекреаційного, лісгосподарського та сільськогосподарського, а місцями і техногенного, навантаження на ґрунти. Здійснивши оцінку репрезентативності та стану модальних ґрунтів в межах природно-заповідного фонду заходу України, ми вбачаємо доцільність у проведенні подальших науково-інвентаризаційних ґрунтово-екологічних досліджень в заповідних об'єктах різного статусу з метою розробки рекомендацій по охороні ґрунтів та створення відповідних музейних колекцій.

Проведені ґрунтово-екологічні дослідження відображені не лише в низці науково-теоретичних та науково-практичних публікацій, але й у ґрунтових колекціях музею, сформованих за типологічним, регіональним та еколого-функціональним принципами комплектування музейних фондів. Власне, такі колекції та матеріали їх наукового опрацювання послужили базисом для започаткування музейного моніторингу ґрунтів заходу України.

Об'єктом музейного ґрунтового моніторингу є таксономічне різноманіття ґрунтів регіону, в тому числі і обумовлене процесами урбогенезу, техногенезу або природними флуктуаціями.

Предмет музейного моніторингу – репрезентативні музейні колекції в формі фіксованих матеріалів (ґрунтові зразки або моноліти, зразки ґрунтової структури, елементи фізико-хімічного складу ґрунту тощо) і адекватних моделей [74].

Відмінною рисою власне музейного моніторингу є формування музейних цільових ґрунтових колекцій, які доповнюються інформацією про властивості, стан та функціонування об'єкта. Музейні ґрунтові колекції – практично єдина форма науково-документального підтвердження ґрунтового різноманіття. Колекції, які сформовані в результаті довготривалих досліджень, дозволять проводити порівняльну оцінку змін властивостей ґрунтів протягом певного відрізка часу (наприклад, понад 100 років), а нові – служать основою сучасного регіонального моніторингу ґрунтового різноманіття і його змін під впливом антропогенних факторів і суцесійних процесів.

На стадії розробки знаходиться сьогодні ідея впровадження моніторингу не лише міських земель, але й стану міських ґрунтів. Його необхідність визначається неможливістю адекватної оцінки сучасного стану ґрунтів по наявній інформації, яка практично не відображає суті природних та антропогенних процесів в ґрунтах міста. Ґрунтовий моніторинг загалом, а в умовах міста зокрема, повинен включати два послідовні етапи: діагностичний (встановлення структури ґрунтового покриву, властивостей та сучасного стану ґрунтів) та прогностичний (визначення спрямованості перебігу ґрунтових процесів та особливостей функціонування ґрунту). За відсутності достовірної наукової інформації про стан та структуру ґрунтового покриву міста важко собі уявити його моніторинг.

Стан досліджень міських ґрунтів, у тому числі і ґрунтів м. Львова, та залучення їх до різних систем моніторингу відповідає першому етапу робіт в цьому напрямку без будь-якої централізованої організації. Нерозв'язаними залишається низка методологічних та інструментальних проблем дослідження міських ґрунтів. На підставі аналізу екологічного стану основних типів міських ґрунтів, встановленого за водно-фізичними, фізико-хімічними та біотичними параметрами, нами запропоновано пакет індикаторних субстратно-функціональних показників, які можуть бути використані для здійснення одноразових або моніторингових досліджень антропогенізованих ґрунтів. Так, для природно-антропогенних ґрунтів, змінених інтенсивним рекреаційним навантаженням, найчутливішими виявились параметри їх водно-фізичного стану. Серед властивостей урбаноземів, техноземів та значної частини урбаногрунтів індикаторне значення мають фізико-хімічні властивості, які визначають реакцію-відповідь мікробіотичного блоку ґрунту на інтенсивність та тривалість антропогенного навантаження. Для фрагментарно поширених на території міста техноґрунтів функціонально важливими є їх фізичні властивості. Наукова інформація, зібрана за стандартизованими методиками і діагностичними параметрами, робить можливим зіставлення даних, отриманих різними дослідниками і в різні періоди, для повнішого відображення змін у структурі та функціях як природних, так і антропогенних ґрунтів.

Ґрунтові дослідження та формування колекцій ґрунтів у Державному природознавчому музеї НАН України спрямовані на виявлення, оцінку та залучення цінних ґрунтових локалітетів до мережі фонового моніторингу стану природних систем регіону. Цінними ґрунтовими локалітетами обрані об'єкти в межах існуючого природно-заповідного фонду, пропонувані до заповідання об'єкти та природно-антропогенні або антропогенні об'єкти, значного наукового і науково-практичного значення. Такі суцесійні ряди природних і антропогенних ґрунтів, поряд з еталонними та рідкісними ґрунтами, заслуговують особливої уваги в ході

запровадження моніторингу сучасного стану і функціонування ґрунтового покриву регіону. Формування повноцінного ґрунтового фонду з доступною інформаційно-пошуковою системою є важливою структурною складовою загального музейного науково-природничого моніторингу заходу України.

Висновки

Сучасні тенденції наукового пізнання спрямовані на поглиблення досліджень особливостей формування та функціонування ґрунтів різного генезису. Тому постає питання наукової спеціалізації ґрунтових досліджень, які ведуться в музеї. З огляду на особистий та світові наукові доробки у цій галузі, окреслимо перспективні напрямки досліджень Лабораторії в галузі екології антропогенізованих ґрунтів. Орієнтиром послужила і одна з наукових тем, яка розробляється відділом проблем антропоізації природних екосистем і спрямована на виявлення динамічних тенденцій різноманітності природних екосистем заходу України під впливом антропоізації. Отже, ґрунтово-екологічні дослідження передбачено вести на трьох основних рівнях, а саме:

- 1) типологічні дослідження, які спрямовані на виявлення та наукове обґрунтування класифікаційних ознак антропогенних та природно-антропогенних ґрунтових одиниць на різних ієрархічних рівнях єдиної класифікаційної системи ґрунтів України; поглиблення досліджень в напрямку систематизації міських та техногенних ґрунтів; продовження розробок, спрямованих на інтеграцію вітчизняних класифікаційних підходів у світову базу ґрунтів та застосування їхніх методичних підходів та класифікаційних ознак для систематизації ґрунтів України;
- 2) екосистемні дослідження передбачають вивчення ґрунту, як відкритої системи в межах екосистем різного рангу, встановлення функціональної спеціалізації ґрунтів в межах міста та техногенних комплексів; виявлення та вивчення впливу функціональних параметрів ґрунту на формування рослинних, мікробіотичних угруповань та угруповань ґрунтових безхребетних в ґрунтах різного ступеня антропогенної деградації;
- 3) природоохоронні дослідження, як складова комплексної ревізії природоохоронних об'єктів заходу України з метою оцінки їх ґрунтового різноманіття та виявлення особливо цінних ґрунтових об'єктів. Важливим елементом цих досліджень є встановлення ступеня антропогенної дигресії ґрунтового покриву охоронних об'єктів, оцінка загрози, яку вона може становити для збереження заповідних екосистем, та розробка заходів, спрямованих на подолання або зменшення антропогенного пресингу. Перспективними, на нашу думку, є пропозиції щодо заповідання локальних екосистем, які формуються на антропогенізованих або антропогенних ґрунтах. Це створить умови для започаткування довготривалих ґрунтово-екологічних досліджень з метою з'ясування спрямованості ґрунтоутворних процесів, що становить значний науково-теоретичний та практичний інтерес.

Централізованою віссю ґрунтово-екологічних досліджень, які ведуться і вестимуться надалі в Державному природознавчому музеї НАН України, є здійснення виваженого документування відібраного ґрунтового матеріалу та

отриманої наукової інформації. Поетапно впроваджується в життя концепція формування фонду "ґрунти", який, з одного боку, є джерельною основою майбутньої експозиції музею, а з іншого боку – основою для започаткування музейного моніторингу ґрунтового різноманіття заходу України. Музейні колекції ґрунтів разом з колекціями природничої інформації, які знаходяться на стадії формування, в майбутньому становитимуть базу знань щодо процесів розвитку ґрунтового покриву нашого регіону.

1. Агаркова М.Г., Строганова М.Н., Скворцова И.Н. Биологическая активность почв урбанизированных территорий // Вестн. Моск. ун-та. Серия 17, Почвоведение. – 1994. – № 1. – С. 45-49.
2. Ананьева Н.Д., Благодатская Е.В., Орлинский Д.Б., Мякшина Т.Н., Брынских М.Н. Оценка антропогенного воздействия на почву с использованием крупномасштабного картографирования территории // Почвоведение. – 1994. – № 3. – С. 101-107.
3. Андроханов В.А., Овсянникова С.В., Курачев В.М. Техноземы: свойства, режимы, функционирование. – Новосибирск: Наука, 2000. – 200 с.
4. Антропогенні зміни біогеоценотичного покриву в Карпатському регіоні / Під ред. М.А. Голубця. – К.: Наук. думка, 1994. – 165 с.
5. Бериня Д.Ж., Калвина Л.К., Карелина Л.В. Изменение химического состава почв под влиянием Са-содержащей пыли // Загрязнение природной среды Са-содержащей пылью. – Рига: Зинатне, 1985. – С. 15-32.
6. Вовк О.Б. Оцінка екологічного стану ґрунтів урботехноекосистем Розточчя та Опілля // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2000. – Т. 15. – С. 139-146.
7. Вовк О.Б. Функціонування ґрунтів в умовах посиленого антропогенного впливу // Наук. вісн. УжНУ. Сер. біологія. – 2001. – Вип. 9. – С. 33-35.
8. Вовк О.Б. Функціональна спроможність антропогенних ґрунтів // Агрохімія і ґрунтознавство. – Харків, 2002. – С. 26-29.
9. Вовк О.Б. Антропогенні ґрунти Розточчя-Опілля та їх спроможність щодо екологічних функцій: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – Дніпропетровськ, 2003. – 20 с.
10. Вовк О.Б. Еколого-функціональні особливості ґрунтового покриву міських парків (на прикладі м. Львова) // Ґрунтознавство, 2004. – Т. 5, № 1-23. – С. 86-92.
11. Войчишин В.К., Климишин О.С., Чернобай Ю.М., Лещинський Є.Я. Інформаційний портал Львівського Державного природознавчого музею // Вісн. НУ "Львівська політехніка", Інформаційні системи та мережі. – Львів, 2005. – № 549. – С. 44-54.
12. Волобуев В.Р. Экология почв (очерки). – Баку: Изд-во АН АзССР, 1963. – 260 с.
13. Гаєвський В. Г., Пелипець М.В. Рухомі форми важких металів у ґрунтах Львівської області // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1999. – № 3. – С. 111-115.
14. Геник Я.В. Нагромадження важких металів у ґрунтах та фітомасі комплексної зеленої зони міста Львова: Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. – Львів, 1994. – 23 с.
15. Глазовская М.А. Почвенно-геохимическое картографирование для оценки экологической устойчивости среды // Почвоведение. – 1992. – № 6. – С. 5-13.
16. Голубець М.А. Місто як екологічна і соціальна система // Вісн. АН УРСР. – 1989. – № 12. – С. 47-58.
17. Гончар М.Т., Сабан Б.А. Лесная рекультивация земель нарушенных открытой подземной добычей серы в условиях Прикарпатья // Вопросы рекультивации земель в западном регионе Украины: Сб. науч. тр. – Львов, 1986. – С. 25-39.
18. Дмитриев Е.Ф. Почва и почвоподобные тела // Почвоведение. – 1996. – № 3. – С. 310-319.
19. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. – М.: Наука, 1990. – 261 с.
20. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функционально-экологическая география почв // Почвоведение. – 1996. – № 1. – С. 16-22.

21. Докучаев В.В. Детальное естественно-историческое, физико-географическое и сельскохозяйственное исследование С.-Петербурга и его окрестностей // Сочинения. – М., 1953. – Т. VII. – 447 с.
22. Дороненко Е.П., Элькин А.Я., Жерносенко К.К. Технологические схемы и экологические показатели рекультивации откосов и отвалов // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск, 1974. – С. 75-83.
23. Дубовецкий С.В. Рекультивация земель в Предкарпатском сероносном бассейне // Вопросы рекультивации земель в западном регионе Украины : Сб. науч. тр. – Львов, 1986. – С. 19-25.
24. Елпатьевская В.П. Почвообразование на отвалах сульфидных месторождений (юг Дальнего Востока) // Почвоведение. – 1995. – № 2. – С. 239-246.
25. Етеревская Л.В., Донченко М.Т., Лехциер Л.В. Систематика и классификация техногенных почв // Растения и промышленная среда: Сб. науч. тр. – Свердловск, 1984. – С. 14-21.
26. Етеревская Л.В., Мамонтова Е.Г. Качественный состав гумуса и микроморфология примитивных почв на лессовых отвалах // Рекультивация земель. – Тарту, 1975. – С. 250-257.
27. Етеревская Л.В., Угарова В.А. Процессы почвообразования в техногенных ландшафтах степи УССР // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 140-156.
28. Каздым А.А. Аутигенные биоминералы культурных слоев и почвогрунтов // Минералогия и жизнь: биоминеральные гомологии. – Сыктывкар, 2000. – С. 93-95.
29. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. – М: Изд-во МГУ, 1994. – 184 с.
30. Карпачевский Л.О., Морозова Г.В., Зубкова Т.А. Структура почвенного покрова в лесных биогеоценозах с высокой рекреационной нагрузкой // Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов. – М.: Наука, 1978. – С. 47-52.
31. Касянова Е.В., Ананьева Н.Д., Благодатская Е.В., Орлинский Д.Б. Эколого-микробиологический мониторинг почв в окрестностях химического комбината // Почвоведение. – 1995. – № 5. – С. 626-633.
32. Колесников Б.П., Махонина Г.И., Чибрик Т.С. Естественное формирование почвенного и растительного покровов на отвалах Челябинского бурогоугольного бассейна // Растения и промышленная Среда. – Свердловск, 1976. – Вып. 4. – С. 70-123.
33. Круглов И.С. История, современное состояние и перспективы освоения природных территориальных комплексов города Львова и окрестностей: Автореф. дис. ... к-та географ. наук: 11.00.01 / Институт географии АНУ. – К., 1992. – 22 с.
34. Куйбышев С.В. Пространственная изменчивость свойств почвы в рекреационном лесу // Почвоведение. – 1987. – № 9. – С. 96-100.
35. Кучерявый В.А. Зеленая зона города. – К.: Наук. думка, 1981. – 245 с.
36. Кучерявый В.П., Крамарець В.О., Соломаха Т.Д., Соломаха В.А. Зонування території м. Львова за спонтанною рослинністю // Укр. ботан. журн. – 1991. – Т. 48, № 5. – С. 51-56.
37. Кучерявий В.П. Урбоєкологія. – Львів: Світ, 1999. – 360 с.
38. Лебедева И.И., Тонконогов В.Д., Шишов Л.А. Классификационное положение и систематика антропогенно-преобразованных почв // Почвоведение. – 1993. – № 9. – С. 98-106.
39. Махонина Г.И. Начальные процессы почвообразования на породных отвалах Липовского месторождения никеля // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 123-140.
40. Методические указания по оценке городских почв при разработке градостроительной и архитектурно-строительной документации / А.Д. Мягкова, М.Н. Строганова, Е.Ю. Федорова, А.А. Куратов. – М., 1996. – 36 с.
41. Мирзак О.В. Почва как компонент урбоэкосистемы // Екологія та ноосферологія, 2000. – Т. 9. – № 1-2. – С. 73-83.

42. Микроморфология антропогенно измененных почв / Отв. ред. Добровольский Г.В. – М.: Наука, 1988. – 215 с.
43. Момот А.Ф. Особливості режиму вологості техногенних ґрунтів Лівобережного лісостепу України // Агрохімія і ґрунтознавство. – Харків, 1998. – С. 47-48.
44. Моторина Л.В. Естественное зарастание отвалов открытых разработок // Растительность и промышленное загрязнение: Сб. науч. тр. – Свердловск, 1970. – Вып. 7. – С. 118-122.
45. Обухов А.И., Лепнева О.М. Биогеохимия тяжелых металлов в городской среде // Почвоведение. – 1989. – № 5. – С. 65-74.
46. Панас Р.Н. Агроэкологические основы рекультивации земель. – Львов: Изд-во ЛГУ, 1989. – 160 с.
47. Панас Р.М. Генеза, класифікація і властивості техногенних ґрунтів Передкарпаття // Генеза, географія та екологія ґрунтів: Зб. наук. праць. – Львів, 1999. – С. 58-61.
48. Полевой определитель почв / Под ред. Н.И. Полулана, Б.С. Носко, В.П. Кузьмичева. – Киев: Урожай, 1981. – 320 с.
49. Полулан М.І., Соловей В.Б., Кисіль В.І., Величко В.А. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України: Навч. посібник. – К.: Колообіг, 2005. – 304 с.
50. Почва, город, экология / Под общ. ред. Г.В. Добровольского. – М.: Фонд “За экономическую грамотность”, 1997. – 320 с.
51. Почвенная микробиология / Пер. с англ. В.В. Новикова / Под. ред. Д.И. Никитина. – М.: Колос, 1979. – 316 с.
52. Почвообразование в техногенных ландшафтах / Отв. ред. С.С. Трофимов. – Новосибирск: Наука, 1979. – 285 с.
53. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ / Э.Г. Коломыц, Г.С. Розенберг, О.В. Глебова и др. – М.: Наука, 2000. – 286 с.
54. Рассел Э.Д. Почвенные условия и рост растений. – М.: Изд-во иностр. лит., 1955. – 624 с.
55. Рева М.Л. Антропогенные ландшафты Донбасса // Географ. исслед. в Донбассе. – 1975. – С. 62-65.
56. Рохмистров В.Л., Иванова Т.Г. Изменение дерново-подзолистых почв в условиях крупного промышленного центра // Почвоведение. – 1985. – № 5. – С. 35-46.
57. Сизов А.П. Мониторинг городских земель с элементами их охраны. – М., 2000. – 156 с.
58. Смірнов Б.І., Пелипець М.В., Плотніков А.А. Статистичне порівняння мікроелементного складу ґрунтів міста Львова та його околиць у межах ключових ділянок // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1999. – № 2. – С. 83-89.
59. Соколов И.А. Экология почв как раздел докучаевского генетического почвоведения // Почвоведение. – 1985. – № 10. – С. 5-13.
60. Соколов Л.А., Зеликов В.Д. Изменение свойств почв в лесных биогеоценозах с высокой рекреационной нагрузкой // Лесоведение. – 1982. – № 3. – С. 16-23.
61. Солнцева И.А., Герасимова М.И., Рубилина Н.Е. Морфологический анализ техногенно-преобразованных почв // Почвоведение. – 1990. – № 8. – С. 124-129.
62. Стома Г.В., Сементовская К.В. К вопросу о возможных путях эволюции почв в городских условиях // Проблемы эволюции почв. – Пушино, 2001. – С. 194-195.
63. Строганова М.Н., Агаркова М.Г. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв юго-западной части г. Москвы) // Почвоведение. – 1992. – № 7. – С. 16-24.
64. Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Роль почв в городских экосистемах // Почвоведение. – 1997. – № 1. – С. 96-101.
65. Таймуразова Л.Х. Почвообразование при естественной эволюции отвалов и на рекультивированных землях // Экологические основы рекультивации земель. – М.: Наука, 1985. – С. 44-56.
66. Таранов С.А., Комиссаров И.Д. Состав гумуса первичных почв, формирующихся на ранних стадиях онтогенеза биогеоценозов отвалов угольных разрезов Южного Кузбасса // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск, 1974. – С. 209-216.

67. Таранов С.А., Фаткулин Ф.А., Родынюк И.С. Условия естественной регенерации почв в нарушенных промышленностью ландшафтах поймы верхнего течения р. Томи // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 156-163.
68. Тонконогов В.Д., Шишов Л.Л. О классификации антропогенно-преобразованных почв // Почвоведение. – 1990. – № 1. – С. 72-79.
69. Трофимов С.С., Таранов С.А., Рагимзаде Ф.К., Фаткулин Ф.А., Кандрашин Е.Р. Рекультивация и почвообразование // Проблемы сибирского почвоведения. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 52-73.
70. Урбанізація як фактор змін біогеоценологічного покриву: Матеріали конф. – Львів: НВТ “Академічний Експрес”, 1994. – 121 с.
71. Фаткулин Ф.А. Гумусонакопление и качественный состав гумуса молодых почв, формирующихся на последражных формах рельефа в речных долинах Кузбасского Алатау // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 106-112.
72. Хакимов Ф.И., Деева Н.Д., Ильина А.А. Эколого-геохимическая характеристика почв промышленного города // Экология и почвы. – Пушино, 1998. – Том. II. – С. 182-205.
73. Чернобай Ю.Н. Исходные задачи музейной БД почвенных эталонов // Тез. докл. Межреспуб. школы «Применение персональных компьютеров в биологии». – Минск: Экоинфо, 1991. – С. 44-45.
74. Чернобай Ю.Н., Вовк О.Б. Почвенный фонд в системе музейного мониторинга природной среды // Материалы по изучению русских почв. – Вып. 4(31). – С.-Петербург, 2003. – С. 82-87.
75. Чернобай Ю.М. Музейний моніторинг ґрунтів // Ґрунтознавство і агрохімія. – Харків, 2000. – С. 209-211.
76. Чернобай Ю.М., Вовк О.Б., Борисова В.М. Екологічні сукцесії мікроміцетних угруповань в антропогенних ґрунтах // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2005. – Т. 21. – С. 119-128
77. Чернобай Ю., Вовк О. Еколого-функціональна категоризація урбанізованих ґрунтів // Проблеми природокористування Карпатського регіону. – Коломия, 2000. – С.148-150.
78. Чернобай Ю.М., Вовк О.Б., Орлов О.Л. Морфо-функціональна оцінка ґрунтів НПП “Гуцульщина” // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2004. – Т. 19. – С. 71-82.
79. Чернобай Ю.М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах. – Львів: Вид-во ДПМ НАНУ, 2000. – 352 с.
80. Шишова Е.І. Лісові асоціації району Львова і умови їх відновлення // Наук. зап. Львів. ун-ту. Сер. біол. – 1954. – Т. 26, вип.7. – С. 85-104.
81. Шишов Л.Л., Соколов И.А. Генетическая классификация почв СССР // Почвоведение. – 1989. – № 3. – С. 112-120.
82. Якутин М.В. Моделирование процесса формирования почвенной микробной биомассы на инициальной стадии почвообразования // Проблемы антропогенного почвообразования. – М., 1997. – Т.3. – С. 126-129.
83. Beyer L., Blume H.-P., Elsner D.-Ch., Willnow A. Soil organic matter composition and microbial activity in urban soils // The Science of the Total Environment. – 1995. – P. 267-278.
84. Burghardt W. Soils in urban and industrial environments // Z. Pflanzenernahr. Bodenkd. – 1994. – Bd. 157. – S. 205-214.
85. Domsch K.H. Principles of pesticide microbe interactions in soil // Soil Biol. and Conserw. Biosphere. – Budapest, 1984. – Vol. 1. – P. 179-184.
86. Czerwinski Z. Soil and water relation in suburban areas of Warsaw // Natural environment of suburban areas as a development factor of big cities. – Warszawa, 1988. – P. 23-44.
87. FAO-UNESCO, Soil Map of the World. Revised Legend. World Soil Resources, Report 60. – Rome, 1988. – 119 p.

88. Hiller D.A. Schadstoffeinträge in urbane Böden // *Urbaner Bodenschutz*. Red. W.Burghardt. – Berlin, 1996. – S. 45-56.
89. Gomez A., Lejine C. Comparison of the physical and chemical properties of humic acids extrated from a podzolic soil and a mature refuse compost // “Compost: Prod., Qual. and Use: Proc. Symp., Udine, 17-19 Apr., 1986”. – London, New York, 1987. – P. 495-500.
90. Jonas F. Tvorba pudy na vysypkach slozenych z zedych miocennich jilu v oblasti severoceskeho hnedouhelneho reviru // *Lesnictvi*, 1972. – R. 18 (XLV), C. 2. – S. 117-140.
91. Komornicki Tomasz Gleby terytorium miasta Krakowa // *Krakow - srodowisko geograficzne*. – Warszawa-Krakow: PWN, 1974. – S. 145-151.
92. Lux W., Hintze B. Schwermetallverteilung in Böden und Pflanzen in städtischen Bereichen Hamburgs // *Landwirt. Forsch.* – 1983, Sonderh. Vol. **39**. – P. 169-201.
93. Nowak J. Budowa geologiczna okolic Lwowa // *Rozprawy I wiadomosci muzeum im. Dzieduszyckich*. – 1915. – T. **1**, zes. 1-4. – S. 98-102.
94. Short J.R., Fanning D.S., McIntosh M.S., Foss J.E., Patterson J.C. Soils of the Mall in Washington // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 1986. – Vol. **50**. – P. 699-711.
95. Soil Survey Staff. *Soil Taxonomy*. Agric. Washington D.C. – 1975. Hb. 436. – 503 p.
96. Szafer W. Osobliwosci I zabytki flory okolic Lwowa // *Rozprawy i wiadomosci z muzeum im. Dzieduszyckich*. – 1915. – T. **1**, zes. 1-4. – S. 102-109.
97. *Urbanen Bodenschutz* / Red. W. Burghardt. – Berlin, 1996. – 244 s.
98. Vovk Oksana. Anthropogenic soils of quarry ground compositions in Roztochia Region (Ukraine) // *Soil anthropization VI*. – Bratislava, 2001. – P. 97-101.
99. Vovk Oksana. Peculiarities of soil functioning in residential districts of a City, L'viv being a model (Ukraine) // *First International Conference on Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas*. – Essen, 2000. – Vol. **1**: The unknown urban soil, detection, Resources and Faces. – P. 289-292.
100. Weritz N., Schröder D. Mikrobielle Aktivität in Stadtböden unterschiedlicher Nutzung // *Mitt. Dtsch. Bodenkundl.* – 1988. – Ges. 56. – S. 399-404.
101. Wtis M., Abbt-Braun G., Frimmel F.H. Humic-like substances from landfill leachates - characterization and comparison with terrestrial and aquatic humic substances // *Sci. Total environ.* – 1989. – P. 343-352.