

КОЛОМІЄЦЬ
Микола Володимирович,
завідувач відділу наукового
реферування,
інформаційної та редакційно-
видавничої роботи
ДНСГБ УААН
(м. Київ)

НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ У ЦАРИНИ ГРУНТООБРОБІТКУ: РЕТРОСПЕКТИВНИЙ МОНІТОРИНГ ФАКТОГРАФІЇ ISTRO

Представлено еволюцію дослідницьких проектів реалізованих у рамках діяльності міжнародної наукової організації з проблем обробітку ґрунту ISTRO (1955-2006 рр.). Узагальнено відомості про змістовність професіонального часопису «Soil and Tillage Research» (1980–2005 рр.)

Представлена еволюція дослідницьких проектів, реалізованих в рамках діяльності міжнародної наукової організації з проблем обробітку ґрунту ISTRO (1955–2006 рр.). Обобщены сведения о содержательности профессионального издания «Soil and Tillage Research» (1980–2005 гг.).

The evolution of completed investigation projects as an activity of the international Soil Tillage Research Organization (ISTRO, 1955–2006) have been considered. Short generalize from information about richness of content by professional periodical Soil and Tillage Research (1980–2005) are presented as well.

Філософську сутність цивілізаційної значущості механічного обробітку ґрунту як невід'ємної компоненти будь-якої системи землеробства напрочуд удало охарактеризував американський історик-природознавець Даніель Уебстер ще в 1840 р.: «Коли обробіток ґрунту вже поширювався, інші форми життєдіяльності лише зароджувались» [1]. Тобто саме античні ратаї (орачі) є легітимними фундаторами усвідомленої агрокультури. Наведену аргументацію можна визнавати чи, навпаки, заперечувати, проте достеменно корисно, а інколи просто необхідно зазирнути в сиву давнину для кращого прогнозування невідворотного майбуття агросектору економіки.

Осіле землеробство в іпостасі ремесла виникло 10-13 тисячоліть тому, передусім на родючих заплавах великих річок Тигр, Євфрат, Інд та Яндзи в епоху так званих водних цивілізацій [2]. На межі п'ятого-четвертого тисячоліть до н.е. шумери та інші давні людські спільноти здебільшого лише вдосконалювали первісний реманент. Подібні знаряддя давали можливість висівати, загортати насіння, знищувати бур'яни і навіть збирати хлібні злаки [3]. Перше письмове свідчення фізичного розпушування землі в Месопотамії (мотикою або ж прообразом плуга) датоване ~ 3 тис. р. до н.е. Вражає прозорливість наших пращурів з огляду на те, що безполицеві та плужно-сівацькі агрегати в тій чи іншій регіональній модифікації успішно застосовуються і дотепер.

Археологічні знахідки підтверджують факти використання тяглових тварин при господарському освоєнні долини Інду приблизно 2,5 тис. р. до н.е. [4]. Героїня епосу Хінді Рамаєна (1-2 тис. р. до н.е.) була приголомшена містичним ритуалом жертвопринесення (спалювання немовляти) під час церемоніальної оранки поля королем Янаком задля призупинення тривалої спустошливої засухи. Інший манускрипт наставляє: «нехай плуг перевертає скибу на щастя, а повітря і сонце живлять землю водою і елементами» (Yajur Ved 18: 12; 500–1000 рр. до н.е.). Оранка, вочевидь, є піонерським агровинаходом, оскільки «Гомер, Гезіод і Вергілій знали леміш у його раціональній геометричній конфігурації». Старий Завіт (I. Samuel, 13:20) повідомляє, що євреї неодмінно користувалися професійними навичками листимлян у гострінні лемешів, сошників та мотик [5].

Екзотичні інструменти античних землеробів із віками еволюціонували в сучасні плуги, плоскорізи, чизелі з широкою гамою конструкцій і призначення залежно від екорегіональних потреб. Навіть із позиції сучасного науково - обґрунтованого рільництва актуальними залишаються практичні настанови грецького історика-письменника Ксенофонта (430–355 рр. до н. е.) щодо переваг весняної оранки над зяблевою з цілком переконливою мотивацією: «земля пухкішою ставатиме надалі» [6].

Ретроспективно (від витоків дотепер) арсенал ґрунтообробних знарядь світу трансформувався від сколотого каменя, гачкуватого патика до технічно складних заступовидних, роторних і дискових конструкцій, пристосованих для використання людиною, тяглом і в підсумку – надпотужними енергетичними засобами. При цьому найґрунтовніші технічні рішення, зокрема стосовно полицевого обробітку, реалізовано не так давно (початок ХХ ст.), коли внаслідок зростання народонаселення об'єктивно збільшилися потреби у продовольстві, волокні та моторних паливах. Ось як виглядають світові демографічні зміни: 1250 р. – 400 млн. людей, 1500–500; 1750–790; 1800–980; 1850–1260, 1900–1650; 1952–2520; 2000–6060 млн. людей. Отже, сучасна земна цивілізація сформувалася протягом двох тисячоліть [7].

Наразі щорічний приріст населення планети становить 1,3 % (73 млн. людей) з гіпотетичним виходом на рівень 7,5 млрд. людей у 2020 р. і до 9,4 – у 2050 р. Очікуване збільшення народжуваності протягом наступних 25 років становитиме 3,7 млрд. людей переважно за рахунок азіатських і африканських країн [8].

Безперечно, що «продовольчий і комунікативний» виклики та прийдешні перестороги спонукають до запровадження агроєкологічних інновацій, зокрема у класичних операціях – оранці, сівбі, внесенні добрив тощо.

Експоненціальне зростання с.-г. виробництва (1850–1950 рр.) зумовило незворотну конверсію природних екосистем в агроєкосистеми, особливо після стрімкої комплексної механізації рослинництва на початку ХХ ст. Площа ріллі у світі невпинно зростає: від 537 млн. га у 1850 р. та 1170 – у 1950 р. до 1500 млн. га – у 1980 р. [9]. Відбулося це, на жаль, за рахунок знеліснення території як у помірно континентальних (1850–1950 рр.), так і вологих тропічних широтах (1950–2000 рр.). Значна елімінація деревостанів триває (~ 15 млн. га/рік) у Південно-Східній Азії, Центральній і Західній Африці та Латинській Америці [10]. Інтенсивне розорювання цілинних земель спричинило утворення крупнотоварних індустріалізованих агроформувань. Зрештою, цивілізаційні

надмірності щодо розширення посівних площ викликали масштабну деградацію орних земель: за 10 тис. років назавжди втрачено 2 млрд. га [11].

Актуальними проблемами ґрунтообробітку спочатку переймалася Всесвітня організація орачів (WPO), заснована в 1952 р. ініціативною групою західноєвропейських інженерів–аграріїв на чолі з Альфредом Холлом (генсек організації впродовж 40 років). Перші міжнародні змагання орачів відбулися в штаті Онтаріо (Канада, 1953 р.). Із трирічною періодичністю цей демонстраційно-кваліфікаційний топ-захід проводиться і донині, по чергово змінюючи континентальну дислокацію.

Спеціалізовані міжнародні конференції з ґрунтової тематики започатковано у Швеції (м. Уппсала, 1956 р.) під орудою професора Г. Торстенсена. На шостому інтернаціональному самміті (Голландія, м. Вагенінген, 1973 р.) затверджено оновлений бренд і статут інституції – координатора теоретико-прикладних засад механічного обробітку ґрунту – International Soil Tillage Organization (ISTRO). Уявлення про хронологію, географію зібрань і загальносвітові тенденції фокусування дослідницьких програм з обробітку ґрунтів за останні 50 років значною мірою кореспондуються з реалізованою тематикою WPO – ISTRO (табл. 1).

Таблиця 1

Загальні відомості та тематика міжнародних наукових конференцій з обробітку ґрунту (1955–2006 рр.) [12]

№ конф	Рік	Місце проведення	Країна	Президент	Тематика
1	2	3	4	5	6
I	1955	Уппсала	Швеція	Д.Торстенсен	Загальні проблеми механічного обробітку
II	1955	Штутгарт/ Хофхайм	Німеччина	Н.Фріз В.Фюрлейн	Оранка в міжнародному контексті
III	1962	Дордрехт	Голландія	Н.Куперс	Передумови якісного обробітку
IV	1965	Оас	Норвегія	Р.Хейнонен, А.Ніос	Спектр проблемних напрямів обробітку
V	1970	Сілсден	Велико британія	Н.Браун	Методи досліджень обробітку

VI	1973	Вагенінген	Голландія	Х.Куперс	«О» – обробіток
VII	1976	Уппсала	Швеція	Р.Хейнонен	Проблеми безплужного обробітку
VIII	1979	Хофхайм/ Штутгарт	Німеччина	Г.Г.Кант	Ущільнення і несуча спроможність ґрунтів
IX	1982	Осіек	Югославія	В.Михалік	Трансформація ґрунтових властивостей залежно від обробітку
X	1985	Гізелф	Канада	Д.Кетчесон	Мінімальний обробіток
XI	1988	Единбург	Шотландія	Б.Соане	Обробіток і технологічна маршрутизація у рослинництві
XII	1991	Ібадан	Нігерія	Р.Лал	Обробіток задля стійкості землеробства
XIII	1994	Ольберг	Данія	Х.Єнсен	Агротехнології та захист довкілля
XIV	1997	Люблін	Польща	Х.Домзал	Агроекологічні й економічні аспекти обробітку ґрунту
XV	2000	Форт-Уерт	США	Д.Морисон	Обробіток на зламі ХХІ століття. Наука й агротехнології
XVI	2003	Брисбен	Австрія	М.Белл	Мульчуючий обробіток. Переущільнення, родючість, контролювання бур'янів.
XVII	2006	Кіллер	Німеччина	Р.Хорн	Моделі ґрунтових режимів. Консервуючий обробіток. Переущільнення ґрунтів. Точне землеробство

Показовим є факт перманентного зростання кількості спеціалізованих публікацій на цих конференціях з 12 (1955 р.) по 267 (2006 р.). Презентували їх відповідно 10 і 46 країн-учасниць з усіх континентів. Українську філію ISTRO, до складу якої входять 25 провідних вітчизняних фахівців, очолює академік УААН В. В. Медведєв. Загалом організація об'єднує майже 500 її членів. Акценти наукових пошуків, докладно обговорених на форумах ISTRO, виразно розподіляються на п'ять концептуальних секторів (рис. 1).

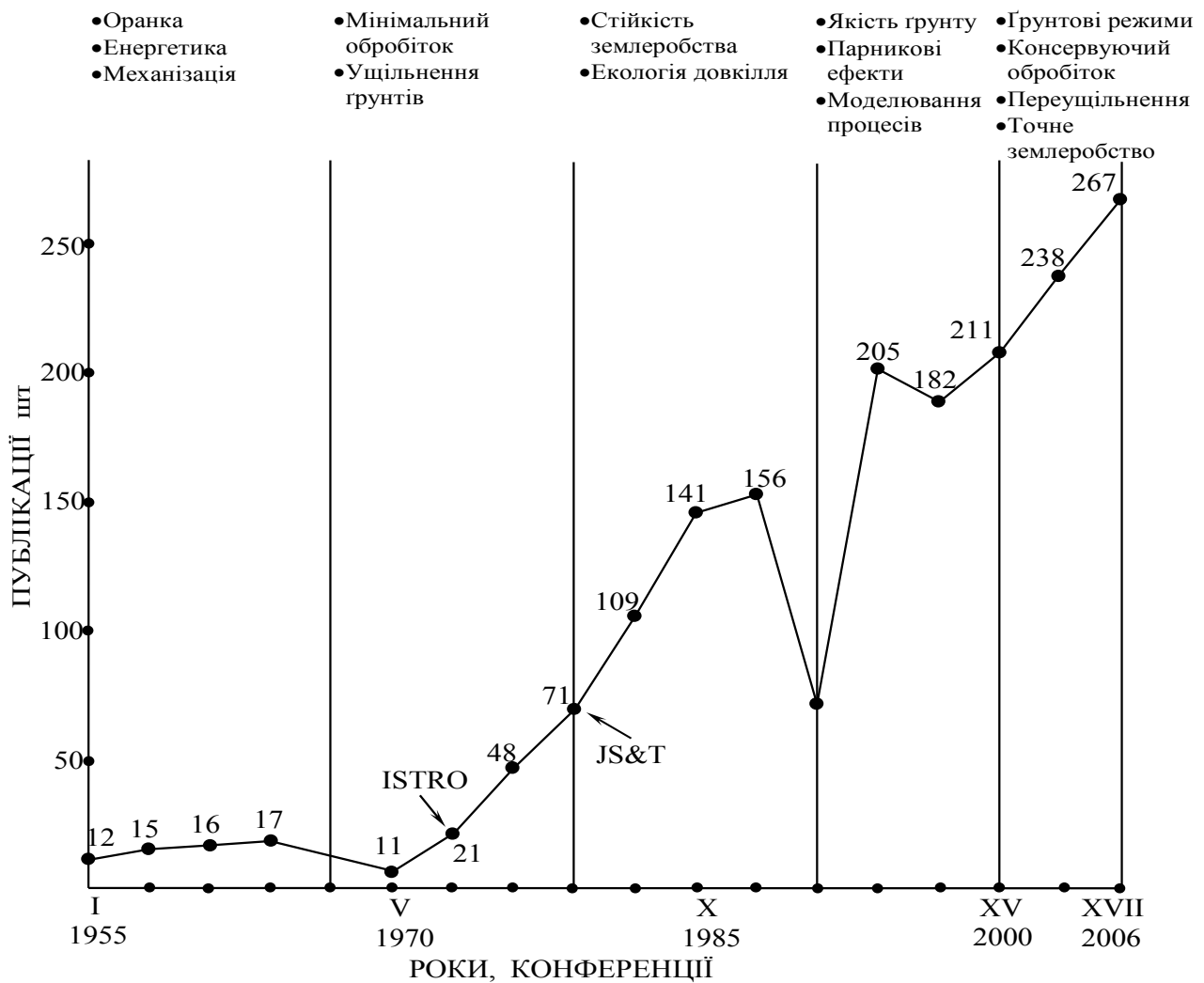


Рис. 1 Сегменти наукової тематики і публікацій ISTRO – конференцій (1955-2006 рр.)

Першим очільником ISTRO Г. ван Кверкерком у 1979 р. засновано міждисциплінарний щомісячник «Soil and Tillage Research», який публікує фундаментальні праці з розмаїтого спектру фізичних, біологічних, екологічних і соціально-економічних аспектів регіонального ґрунтообробітку. Якщо на початку створення у часопису друкували 16 фахових публікацій за рік, то в останнє п'ятиріччя – понад 105. Посилання (не < 50%) на актуальні статті із агрономії фіксуються протягом 5–10 років. По всіх категоріях публікацій з 1989 р. постійно підвищується індекс цитувань у ряду: відомі автори > спецвипуски > огляди. Частота посилань на фундаментальні статті за 1995–2005 рр. становить 2,2–8,8 рази. Пріоритет наукової популярності серед респондентів (індекс цитування Scopus дорівнює 12,0) вісім років поспіль належить науково-теоретичній праці американського вченого Р. Ф. Фоллета з

Колорадо про перетворення органічного вуглецю в орних едатопах (Soil Management and Carbon Sequestration in Cropland Soil. – Soil Til. Res. – 2001. – V. 61. – I. 1/2. – P. 77–92).

Із когорти 23 найрейтинговіших авторів журналу (понад 10 публікацій) варто назвати чільну п'ятірку [13]: Р. Лал (США; 55 статей), Р. Хорн (Німеччина; 31), А. Декстер (Польща; 25), М. Карієр (Канада; 21) та Д. Арвідсон (Швеція; 16).

Удосконалення систем і технологій механічного обробітку відбувалося у руслі загальносвітового поступу землеробства

1. 1950–1960 роки – технічне забезпечення культурної оранки, механізація й енергетика агротехнологій. Післявоєнний період вирізнявся комплексною механізацією світового рослинництва. На поля вперше вийшли широкозахватні глибокохідні плуги як самохідні, так і на тязі потужних «бульдозерів», тобто матеріалізувалася мрія селянина-фермера щодо проведення глибокого основного обробітку якісно та в надстислі терміни. Не випадково, аж до п'ятої конференції WPO-ISTRO включно, науковий «приціл» було спрямовано на технічне вдосконалення конструкції плугів, раціоналізацію їхнього агрегування та визначення енергопотужностей, необхідних для інтенсивного обробітку ґрунтів у контексті проведення міжнародних кваліфікаційних змагань ораторів.

2. 70-ті роки – мінімальний обробіток та мульчування ґрунту. Повсюдне довготривале застосування щорічної оранки з майже повним загортанням рослинних решток без гнучкої адаптації до специфічності ґрунтово-кліматичних умов спричинило катастрофічні прояви водної ерозії на схилових землях і дефляцію – на плато. Дійсно, примусове обертання скиби є неприродним, а виключно агрогенним технологічним процесом регулярного поствегетаційного переміщення залишків біомаси на глибину 15–20 см. У черговий раз розпочалася своєрідна ревізія наукових засад оранки з акцентом на нібито непристосованість культурних рослин і ґрунтової біоти до подібних фізичних потрясінь (деформацій). З'явилися аргументи щодо формування

квазірівноважного стану ріллі як першопричини ерозійних рецидивів, порушення циркуляції ґрунтової вологи, балансу макроелементів (C, N, P, S), деструкції живильного середовища, едафічної флори та фауни. Дехто навіть цитував пророка Ісайю: «плуг може принести людству більше небезпеки, аніж меч». Більше того, набули розголосу вербальні реляції, начебто інтенсивний плужний обробіток замикає порочну агрогенну діаду: розпушування ↔ ущільнення ґрунтів. Тенденції до скороченого (ґрунтозахисного обробітку) поступово актуалізувалися завдяки віднайденню селективних гербіцидів, концентрованих мінеральних добрив, технічному переозброєнню, а також через усюдисущу приреченість до заощадження природних ресурсів та енергії.

3. 80-ті роки – ущільнення, твердість ґрунту та системи ґрунтообробітку. Перехід до технологій мінімального обробітку з використанням енергонасичених тракторів зумовив поглиблення процесів машинної деградації еда топів за щільністю, твердістю, анаеробіозом тощо. Найбільш характерно це проявлялося на важких слабкодренованих відмінах ґрунтів. Агрофізичну деструкцію кореневмісного шару доводилося стримувати за допомогою енергомістких глибокорозпушувачів (чизелів, щілинорізів, параплау та ін.). Робочі програми VIII-XI конференцій ISTRO закономірно віддзеркалювали згадані питання оптимізації агрофізичного стану різних ґрунтів.

4. 90-ті роки – парадигма відновлювального землеробства і стійкої родючості ґрунтів. При оцінюванні функціональної стійкості агроєкосистем критеріальними визнано показники якості питної води та родючості земель у взаємозв'язку з екологічною буферністю навколишнього середовища [14-17]. Власне, будучи надактуальними, завдання щодо сталого розвитку не сприймалися професіоналами як новаторські. Концепція та тлумачення ґрунтової родючості (сучасна дефініція) дебатується в колах філософів, агрономів, економістів і навіть публіцистів упродовж двох із половиною тисячоліть. Зокрема, грецький філософ-природознавець Теофраст (372-287 рр. до н.е.) радив щедро удобрювати органікою «тонкі» землі [6]. Римський поет

Вергілій (70-19 рр. до н.е.) у дидактичній поемі «Георгіки» виділяв роль «чорноти, пухкості та кришіння» ґрунту і запропонував метод визначення його «об'єму-маси» (щільності).

Наші пращури протягом століть майже безпомилково визначали господарську якість землі візуально, за кольором: темний – родючий, світлий – збіднений. У «Книзі про землеробство» (1802 р.), перевиданій в Іспанії, арабський мислитель Ібн-Аль-Арабі (1165–1240 рр.) писав: «Перший крок в агрономії – це пізнання ґрунтів та їхня класифікація за доброю чи недостатньою якістю». З позицій сьогодення продуктивнішими вважаються алювіальні заплавні угіддя, «збагачені мулом – седиментом, екстрагованим водою з прибережної поверхні сумісно з відмерлим листям та органічною поживою». Своєрідну «кадастрову оцінку» земель тисячоліттями здійснювали в Індії приватні господарі та спеціальні державні клерки. Імпонує те, що, як і нині, рівень ґрунтової родючості подавали за універсальною шкалою бонітетів – від 0 до 100 балів.

Найвагоміший здобуток даного теоретико-прикладного етапу – запровадження об'єктивних методів визначення родючості ґрунтів з чіткою ідентифікацією її елементів на XII–XIV інтернаціональних форумах ISTRO (1991, 1994, 1997 роки).

5. На зламі XX–XXI століть – парниковий ефект, моделювання агрогенезу, переущільнення ґрунтів, прицевійне землеробство, екологія довкілля.

Класичний взірець спільного чинника існування земної цивілізації – атмосфера. Якісні її характеристики внаслідок суцільної індустріалізації та агровиробничих надмірностей (ззеліснення, розораність, хімізація) однозначно погіршуються. Ідеться насамперед про породжені антропогенезом колосальні викиди парникових газів (CO_2 , CH_4 , N_2O), які значно ускладнюють глобальну рециркуляцію вуглецю. Доіндустріальна концентрація CO_2 в атмосфері (280 pp mv) наразі зросла до 365 pp mv, або на 0,5 % щорічно. Частка CH_4 в аномальній газовій суміші подвоїлася (0,8 і 1,74 pp mv відповідно) з річним трендом емісії

0,75 %. Це ж притаманно і темпу вивільнення (0,25 % за рік) N₂O в повітряний простір Землі [18,19].

Забруднення атмосфери вуглекислотою тісно корелює з трансформацією біогеоценозів в агроценози, інтенсифікацією механічного обробітку, використанням азотних добрив, спалюванням фітомаси, палив, а також гідротехнічними меліораціями ґрунтів. Як і родючість земель, флуктуації складу газового середовища і власне клімату є одвічними проблемами. Перші планетні катаклізми спричинив астероїд ~65 млн р. тому. Метеорит діаметром близько 10–15 км уразив територію нинішньої Мексики і супроводжувався емісією 600 Пг CO₂ з природних вапняків. Імовірно, що саме цей космічний інцидент міг спонукати вимирання динозаврів та інших великих видів земної фауни.

Пілотна наукова фактографія XV–XVII конференцій ISTRO стосувалася динаміки парникових явищ і відстеження глобальних змін клімату. Наголошено: ґрунтозахисні системи обробітку передусім на основі мульчування й енергозбереження є обов'язковими елементами стратегії елімінації продукування «зелених» газів, розкладання органічного вуглецю, фітомаси і загальної деструкції екосистем [19].

В останні 15 років отримано результати комп'ютерного моделювання та геоінформаційних технологій в агросекторі з перспективою виходу на повномасштабні системи точного землеробства. Значення цифрових моделей у форматизації бази знань та екстраполяції локальних результатів досліджень на споріднені регіони чи біотопи важко переоцінити. Поза тим висунуто чимало застережень [20] щодо несумісності інноваційних розрахункових і нативних експериментальних даних навіть за найсприятливішого збігу супутніх обставин.

До числа цивілізаційно-злободенних проблем зарубіжні експерти відносять:

- продовольчу безпеку народонаселення адекватно демографічним очікуванням;

- незворотне скорочення площі ріллі (0,1 га/людина), особливо в густонаселених регіонах світу;
- перманентне збільшення площі деградованих земель на 5-6 млн га щорічно;
- критичну загазованість атмосфери CO₂ (≥ 365 pp mv) та іншими парниковими газами (CH₄, N₂O, NO_x);
- дефіцит запасів прісної води (< 1000 м³/рік на людину) та неминуче виснаження природних енергоресурсів;
- екологію довкілля на тлі глобальних змін клімату.

Стратегія і тактика діяльності ISTRO за різновекторної гами планетарних викликів полягатиме у своєчасному реагуванні на задоволення продовольчих запитів соціуму, неухильному підвищенні, відтворенні та збереженні родючості ґрунтів, якості питної води та інших природних ресурсів; мінімізації викидів парникових газів та канцерогенів в атмосферу тощо.

Таким чином, довгострокова програма фундаментальних і прикладних досліджень у землеробстві дасть можливість розкрити ті глибинні процеси і явища та причинно-наслідкові взаємозв'язки, які б каталізували синергічне зростання продуктивності агроєкосистем у розрахунку на одиницю засіяної площі, витраченої праці, капіталу, енергії та часу. Зрештою, розкриття генези, розвитку і фактичної результативності вирішення цивілізаційних запитів на прикладі раціонального обробітку ґрунтів асоціюється з місіонерством, вірніше добродійністю інтернаціональної асоціації вчених і практиків, оскільки відсутність доказів в жодному разі не є свідченням достеменною їхньої відсутності [21].

Короткий історичний екскурс у світове землеробство, зокрема царину механічного обробітку ґрунту, спрямований на пошук інноваційних проектів, адаптованих до непересічних українських реалій. Будемо сподіватися, що броунівський рух зміниться врешті-решт конкурентним лідерством вітчизняної агрономії, принаймні в окремих дослідницьких напрямках.

Список використаної літератури

1. *Voohees, W. B.* Foreword. The 15 th Conference of the International Soil Tillage Research Organization // Soil Til. Res. – 2001. – V. 61. – I 1/2. – P. 1–2.
2. *Hillel, D.* Out of the Earth: Civilization and the Life of the Soil. – The Free Press. – New York, 1991. – 321 p.
3. *Troeh, F. R., Hobbs, J. A., Donahue, R. L.* Soil and Water Conservation for Productivity and Environmental Production. – Prentice Hall, 1980. – Englewood Cliffs. – NJ.
4. *Durrans, B., Knox, R.* India: Past into Present. –The British Museum. – London. –UK, 1982. –96 p.
5. *Kellogg, C. E.* Soil and Society. – Soils and Men. Yearbook of Agriculture. – USDA. – Washington. – DE, 1938. – P. 863–886.
6. *Tisdale, S. L., Nelson, W. L.* Soil Fertility and Fertilizers. –Macmillan. – New York, 1966. – P. 6–7.
7. *Anonymous, 1999.* Like Herrings in a Barrel. The Economist (December). – P. 13–14.
8. *Fisher, G., Heilig, G. K.* Population Momentum and the Demand on Land and Water Resources. – Phil. Trans. R. Soc. – London B 352, 1997. – P. 869–889.
9. *Myers, W. B.* Human Impact on the Earth. – Cambridge University Press. – Cambridge. – UK, 1996. –251 p.
10. *Souhgate, D.* Tropical Forest Conservation: an Economic Assessment of the Alternatives in Latin America. – Oxford University Press. – New York, 1998. – 175 p.
11. *Апарин Б. Ф.* Проблемы оценки деградации почв мира // Вестник СПб ГУ, 2006. – Вып. 1. – Сер. 3. –С. 70–80.
12. *Canarache, A.* Canges in Soil Tillage Research During ISTRO Life – Contribution of ISTRO Metting and Pablications. – Pros. 17 th ISTRO Triennial Conference. – Kiel. – Germany, 2006. – P. 407–414; CD – ROM.
13. *Franzluebbers, A. J., Kutilk, M., Lial, R.* Soil and Tillage Research: Publication History and Assessment of Progress. – Pros. 17 th ISTRO Triennial Conference. – Kiel. – Germany, 2006. – P. 422–427. – CD–ROM.
14. *Lal, R.* Tillage Effects on soil Degradation Soil Resilience, Soil Quality and Sustainability. – Soil Til. Reg., – 1993. – V. 27. – P. 1–8.
15. *Doran, J.W., Jones, A. J.* (Eds.) Methods for Assessing Soil Quality. Soil Sci. Am. Spec. Publ. 49. – Madison W 1, 1996.
16. *Karlen, D. L., Mausbach. M. J., Doran, J. W.* et al. Soil Quality: a Concept, Definition and Frame for Evaluation: – Soil Sci. Am. J., 1997. –I 61. – P. – 4–10.
17. *Gregorich, E. G., Carter, M. R.* (Eds.). Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. Development in Soil Science. –Elsevier. – Holland, 1997. – 448 p.
18. *IPCC.* Climate Change 1995. –Working Group 1. – IPCC. – Cambridge University Press. – Cambridge : UK, 1996.
19. *Lal, R.* Soil Management and Restoration for C Sequestration to Mitigate the Greenhouse Effect. – Pros. Environ. Sci. – 1999. – V. 1. – P. 307–326.
20. *Philip, J. R.* Soils, Natural Science and Models. – Soil Sci. –1991. – V. 151. – P. 91–98.

21. *Lal, R.* Thematic Evolution of ISTRO: Transition in Scientific Issues and Research focus from 1955 to 2000 // *Soil Til. Res.* – 2001. – V. 61. – I 1-2. – P. 3–12.