

УДК: 631.44.06; 51.7; DOI 10.30970/gpc.2020.1.3207

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ НАУКОВОГО НАПРЯМУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ҐРУНТОЗНАВСТВА

Тарас Ямелинець

Львівський національний університет імені Івана Франка,
taras.yamelynets@lnu.edu.ua; orcid.org/0000-0002-7058-0931

Анотація. Запропоновано визначення інформаційного ґрунтознавства як нового напрямку науки про ґрунти, який включає систему впорядкування, збору, зберігання і аналізу даних про ґрунти на різних ієрархічних рівнях, отримання безперервної в просторі і часі інформації про стан ґрунтового покриву для моделювання й збалансованого використання, відтворення й управління ґрунтовими ресурсами на основі природоохоронних, соціальних, екологічних, економічних і правових вимог. Предметом дослідження інформаційного ґрунтознавства є всі аспекти функціонування інформації, а саме: (1) процеси виникнення, передачі, зберігання, обробки, поширення інформації про ґрунт, його властивості і ґрунтові процеси; (2) способи управління інформаційними процесами; (3) загальні закономірності впливу інформаційних процесів на характер прикладних комунікацій у ґрунтознавстві. Розглянуто традиційні та сучасні методи аналізу ґрунтової інформації, які формують сучасний методологічний апарат інформаційного ґрунтознавства. Досліджено особливості формування тематичних баз даних чинників ґрунтоутворення (зокрема, визначального геоморфологічного чинника), та використання просторових аналітичних функцій ґрунтових інформаційних систем у моделюванні впливу рельєфу на розвиток ерозійних процесів певної території. Інформаційне ґрунтознавство, як прикладний напрям ґрунтознавства, вважають інтегральним науковим напрямом, також використовує методи і досягнення багатьох точних і гуманітарних наук.

Розвиток нового напрямку організації та аналізу ґрунтових даних на основі автоматизованих інформаційних систем зумовив використання у ґрунтознавстві нової термінології, яку запозичено з інформатики, теорії обчислювальної техніки та програмування, що також значно розширює словник понять з математичної галузі. Цей неминучий і необхідний для нашої науки процес, сприяє підвищенню її ефективності в зв'язку з використанням сучасних досягнень наведених вище порівняно нових дисциплін.

Ключові слова: ґрунтова інформація; інформаціологія; база даних; інформаційне ґрунтознавство.

THEORETICAL BASICS OF THE SCIENTIFIC TREND OF INFORMATIONAL SOIL SCIENCE

Taras Yamelynets

Ivan Franko National University of Lviv

Abstract. The definition of informational soil science as a new trend of soil science is proposed, and includes a system of ordering, collecting, storing and analyzing of the soil data at different hierarchical levels, obtaining continuous in space and time information on soil conditions for modeling and balanced use, reproduction and management of soils, resources based on environmental, social, environmental, economic and legal requirements. The subject of informational soil science is all aspects of the functioning of information, namely: (1) the processes of origin, transmission, storage, processing, dissemination of information about the soil, its properties and soil processes; (2) ways to manage information processes; (3) general patterns of influence of information processes on the nature of applied communications in soil science. Traditional and modern methods of analysis of soil information, which form the

modern methodological apparatus of informational soil science, are also considered. Peculiarities of formation of thematic databases of soil formation factors, in particular determining geomorphological factor, and use of spatial analytical functions of soil information systems in modeling of influence of a relief on development of erosion processes of a certain territory are considered. Since informational soil science, as an applied trend of soil science, is considered an integrated scientific subject, it also uses the methods and achievements of many applied and humanitarian sciences.

It can be argued that in connection with the development of a new direction of organization and analysis of soil data based on automated information systems, new terminology borrowed from computer science, computer theory and programming is widely used in soil science, the vocabulary of concepts in mathematics is significantly expanded. This is an inevitable and necessary for our science process that helps to increase its efficiency in connection with the use of modern achievements of these relatively new disciplines.

Keywords: soil information; informatiology; data base; informational soil science.

Вступ. У двадцять першому столітті суспільство вступило в етап розвитку, для якого характерний новий спосіб виробництва – інформаційний. Це пов'язано, передусім, з процесами інформатизації, впровадження інформаційних технологій у різні сфери життя. Інформація стає основою генерування ідей, комунікацій та виробництва. Саме поняття інформації щораз ширше використовують у різних галузях знань, що зумовлює підвищений інтерес з боку вчених. Осмислення феномена інформації почалося порівняно нещодавно. Проте уже сьогодні поняття інформації є одним з фундаментальних не тільки в інформаціології (науці про інформацію), й в інших галузях науки, зокрема ґрунтознавстві. Головними завданнями нашого дослідження є формулювання базових понять нового напрямку ґрунтознавства – інформаційного ґрунтознавства, зокрема, визначення його об'єкта, предмета та основних завдань цього напрямку, аналіз методологічних підходів, які використовують або можуть бути використати в інформаційному ґрунтознавстві. Також увагу зосереджено на особливостях формування тематичних баз даних чинників ґрунтоутворення (зокрема, визначального геоморфологічного чинника) та використання просторових аналітичних функцій ґрунтових інформаційних систем у моделюванні впливу рельєфу на розвиток ерозійних процесів певної території. На прикладі геоморфологічного чинника визначено підходи до формування тематичних баз даних в інформаційному ґрунтознавстві.

Аналіз публікацій і методика досліджень. З метою обґрунтування теоретичних засад інформаційного ґрунтознавства проаналізовано вагоміші наукові і прикладні напрацювання, відображені у працях вітчизняних учених-ґрунтознавців С. П. Позняка, В. В. Медведєва, Т. М. Лактіонової, Н. М. Бреус, С. І. Веремєєнко, а також в іноземних літературних джерелах – К. Фокса, А. Хадаса, К. Омуго, І. А. Крупеникова, К. Д. Глінки, Б. Г. Розанова та інших. Досліджено найвідоміші регіональні і глобальні ґрунтові інформаційні системи і бази даних, які містять важливі теоретичні і прикладні аспекти організації і функціонування ґрунтових даних. Проаналізовано такі основні ґрунтові інформаційні системи: SOTER (глобальна), SoilGrids (глобальна), LUCAS (Європа), ESDB (Європа), NASIS (США), CanSIS (Канада). Здебільшого системи апробовані і протестовані. Також досліджено праці з інформаціології як метадисципліни, яка розглядає проблеми різних галузей знань (природничо-наукових або гуманітарних) з

єдиних інформаційних позицій, а це праці вчених Р. МакЕліс, І. Юзвішина, М. Кириченко (Юзвішин, 2001; Кириченко, 2017; McEliece R., 2004). З одного боку ми досліджували інформатику як галузь знань інформаційної діяльності та комунікації, а з іншого – як технологію управління інформацією. Саме інформатика є базовою одиницею інформаціології і вивчає інформацію, отриману в результаті наукової та виробничої діяльності, досліджує методи і засоби її створення. Базуючись на цих дослідженнях, ми можемо сформулювати основні теоретичні засади інформаційного ґрунтознавства. Окрім того, на прикладі геоморфологічного ґрунтоутворюючого чинника запропоновано підходи до формування тематичних баз даних в інформаційному ґрунтознавстві та здійснення моделювання впливу рельєфу на розвиток ерозійних процесів певної території (Ямелинець, 2006; Ямелинець та ін., 2012). Отримані дані використано для формування тематичної складової інформаційного ґрунтознавства.

Результати. Протягом понад півстоліття в інформаціології неодноразово виникали і зникали ті чи інші напрями. Можливість розширення області застосування визначали, передусім, розвитком засобів обчислювальної техніки і накопиченням моделей і методів їхнього застосування під час вирішення задач різного типу. Сьогодні до інформаціології належать такі області дослідження, методи і підходи, які ми можемо широко застосовувати в інформаційному ґрунтознавстві (Юзвішин, 2001):

- теорія алгоритмів (формальні моделі алгоритмів, проблеми та складність обчислень);
- логічні моделі (дедуктивні системи, складність виведення, нетрадиційні обчислення: індуктивний і абдуктивний висновок, висновок за аналогією, правдоподібний висновок тощо);
- бази даних (структури даних, пошук відповідей на запити, логічний висновок у базах даних, активні бази);
- розпізнавання навколишнього світу і обробка зорових сцен (статистичні методи розпізнавання, використання різних просторів, теорія розпізнавання алгоритмів, тривимірні сцени);
- інженерія математичного забезпечення (мови програмування, технології створення програмних систем, інструментальні системи);
- теорія комп'ютерів і обчислювальних мереж (архітектурні рішення, багатоагентні системи, нові принципи обробки інформації);
- використання комп'ютерів у замкнених системах (моделі реального часу, системи моніторингу).

Інформація володіє властивостями, головними серед яких є достовірність, повнота та актуальність (оперативність). З точки зору загальної теорії інформації, ці властивості можна охарактеризувати у такий спосіб (McEliece R., 2004):

1. Інформація достовірна, якщо вона відображає дійсний стан суті об'єкта в поточний момент часу.
2. Інформація повна, якщо її достатньо для розуміння і прийняття ефективних рішень або рекомендацій.
3. Інформація актуальна (оперативна), якщо вона отримана своєчасно і може бути використана для прийняття ефективних рішень або рекомендацій.

Отже, інформація – найважливіший компонент будь-якого інформаційного процесу. Під інформаційним процесом розуміємо процес збору (відображення, сприйняття), фіксування, збереження на різні носії, передачі, обробки (перетворення), зберігання та використання інформації. Інформаційний процес може відбутися тільки за наявності інформаційної системи, що забезпечує всі його складові – джерело інформації, канал зв'язку, правила інтерпретації сигналів і приймач інформації (Кириченко, 2017). Іншими словами, інформація — це сукупність відомостей (даних), які надходять із навколишнього середовища (вхідна інформація), видають у навколишнє середовище (вихідна інформація) або зберігають всередині певної системи.

Дані та інформація – не ідентичні поняття, хоча часто їх використовують як синоніми. Дані – це відомості про об'єкт, а інформація – це знання, отримані з цих даних (Юзвішин, 2001).

Сукупність необхідних надалі понять можна подати у вигляді узагальненої схеми (рис. 1).

Дані поділяють на фактографічні (цифрові, алфавітно-цифрові позначення) або документальні (тексти). Дані у ґрунтознавстві часто подають у вигляді ґрунтових карт як форми представлення просторово орієнтованих, тобто просторово визначених об'єктів.



Рис. 1. Базові поняття, на які спирається інформаційне ґрунтознавство
Fig. 1. Basic terms of the informational soil science

Під час інформаційного процесу дані перетворюють з одного виду в інший за допомогою різних методів. Обробка даних може передбачати велику кількість різних операцій, а саме:

- збір даних – накопичення інформації з метою забезпечення достатнього її обсягу для прийняття рішення;
- формалізація даних – приведення даних, що надходять із різних джерел до однакової форми;
- фільтрація даних – усунення зайвих даних, які не потрібні для аналізу чи прийняття рішень;
- сортування даних – впорядкування даних за заданою ознакою задля зручного використання;
- архівація даних – збереження даних у зручній та доступній формі;
- захист даних – комплекс дій, що скеровані на запобігання втрат, відтворення та модифікацію даних;
- транспортування даних – прийом та передача даних між віддаленими користувачами інформаційного процесу. Джерело даних прийнято називати сервером, а споживача – клієнтом;
- перетворення даних – перетворення даних з однієї форми в іншу, або з однієї структури в іншу, або зміна типу носія.

Система, яка перетворює дані в інформацію, є інформаційною системою. Оскільки функції інформаційної системи нерозривні з пошуком даних, а іноді лише цим і обмежені, часто в зазначеному сенсі використовують поняття інформаційно-пошукової системи.

Усю сукупність даних об'єднують у системі у єдину базу даних, яку визначають як сукупність взаємопов'язаних даних, незалежних від програм (з забезпеченням доступу з будь-якої програми), що зберігаються разом, а також володіють уніфікованими способами додавання нових або модифікації існуючих даних, пошуку та інших дій з даними (Рожков, 1993).

Аналіз даних передбачає пізнання цілого через його частини і базується на розчленуванні предмета на його властивості, об'єкти – на класи. Головне призначення аналізу даних полягає в отриманні інформації і накопиченні знань про досліджувані явища з наявних емпіричних даних.

Отже, під автоматизованими інформаційними системами розуміємо єдність однієї або декількох баз даних, які керуються комплексом спеціальних програм, пакетом обробки даних і комп'ютером з необхідними зовнішніми пристроями, що працюють під управлінням кваліфікованого користувача. Загалом можемо стверджувати, що автоматизована інформаційна система є сучасною формою інформаційного забезпечення ґрунтознавства.

Під ґрунтовою інформаційною системою ми розуміємо систему, яка працює на базі комп'ютера під управлінням оператора та містить дані про ґрунти, володіє програмними засобами для внесення, пошуку і аналізу ґрунтових даних. Якщо йдеться про створення та підтримку картографічних баз даних, тоді ми говоримо про застосування географічних інформаційних систем (ГІС).

Упродовж історії розвитку ґрунтознавства накопичено значний обсяг документальних і фактографічних матеріалів про ґрунти і ґрунтовий покрив. Висока продуктивність сучасних методів дослідження ґрунтів і велика кількість науково-дослідних установ зумовлює величезний потік даних. З розвитком підходів до зберігання, аналізу і представлення просторово орієнтованих ґрунтових даних вдосконалюють методи їхнього збору, формують вимоги до послідовності виконання операцій, стандартизації і впорядкованості цих даних.

Інформаційні системи стали сучасним засобом організації та аналізу даних з метою отримання інформації про ґрунти і ґрунтовий покрив. З іншого боку, сучасне ґрунтознавство стало виробником безпрецедентно величезних обсягів експериментальних даних, осмислення яких неможливо без залучення сучасних інформаційних технологій і ефективних математичних методів аналізу даних, моделювання ґрунтових систем і процесів (McBratney, 2003; Рожков, 1993; Finke, 2001; Rossiter et al, 2004). Таке активне втілення новітніх інформаційних технологій у ґрунтознавчу науку зумовило формування окремого наукового напрямку, який називають інформаційним ґрунтознавством.

На нашу думку, інформаційне ґрунтознавство – це міждисциплінарний науковий напрям, який об'єднує науку про вивчення ґрунтів і ґрунтового покриву з комп'ютерними науками (англ. computer science), математикою і статистикою. Різноманітні ґрунтознавчі проблеми, які вимагають аналізу великих обсягів даних, вирішують з допомогою математичних методів та методів геопросторового аналізу (Shangguan, 2014). Отож, інформаційне ґрунтознавство передбачає вивчення та розробку комп'ютерних методів просторового аналізу даних і спрямоване на отримання, аналіз, зберігання, організацію та візуалізацію ґрунтових даних. Йдеться не тільки про комп'ютерний аналіз інформації, отриманої в результаті польових та лабораторних досліджень, а й про те, що завданням інформаційного ґрунтознавства є створення підходів до зберігання, реалізації і передачі ґрунтової інформації.

Основою інформаційного ґрунтознавства як прикладного наукового напрямку слугують інформаційні технології або прикладна ґрунтова інформатика – сукупність конкретних технічних і програмних засобів, за допомогою яких виконують різноманітні операції з обробки ґрунтових даних. Вирішальне значення для прикладної ґрунтової інформатики мають безпосередньо засоби обчислювальної і телекомунікаційної техніки, зокрема комп'ютер як технічний пристрій, призначений для обробки ґрунтової інформації.

Узагальнююче визначення інформаційного ґрунтознавства, яке відображає в найкоротшій формі його головні риси, можна сформулювати так: інформаційне ґрунтознавство – це прикладний науковий напрям науки про ґрунти, який вивчає структуру і загальні властивості ґрунтової інформації, закономірності її створення, передачі та використання у різних сферах діяльності людини і суспільства, а також володіє системою отримання безперервної в просторі і часі інформації про стан ґрунтового покриву для моделювання і збалансованого використання, відтворення й управління ґрунтовими ресурсами на основі природоохоронних, соціальних, економічних і правових вимог.

Прикладною метою інформаційного ґрунтознавства є розробка ефективніших методів використання інформаційних потоків і визначення шляхів оптимізації процесів практичного використання різноманітної ґрунтової інформації.

Головним завданням цього наукового напрямку є систематизація прийомів та методів роботи з апаратними та програмними засобами обчислювальної техніки з метою створення, аналізу та зберігання інформації про ґрунт, його властивості та ґрунтові процеси. Мета систематизації полягає у тому, щоб відокремити, впровадити та розвинути передові, найефективніші технології

автоматизації етапів роботи з даними, а також методично забезпечити нові технологічні дослідження в ґрунтознавстві.

Головною функцією інформаційного ґрунтознавства є обґрунтування засобів і методів технологічного забезпечення інформаційних процесів, а, отже, якісна зміна природи їхнього перебігу на основі застосування сучасних засобів обчислювальної і телекомунікаційної техніки, математичного моделювання й програмного управління.

Відомо, що будь-який з сучасних наукових напрямів покликаний виробляти і систематизувати об'єктивні знання про дійсність з метою їхнього опису і пояснення, формулювати і тлумачити основні закономірності, що складають об'єкт його вивчення. Базуючись на цих твердженнях, вважаємо, що об'єктом вивчення інформаційного ґрунтознавства є інформація про ґрунт, його властивості і процеси у всіх її проявах і формах.

Предметом дослідження є всі аспекти функціонування інформації, а саме: (1) процеси виникнення, передачі, зберігання, обробки, поширення інформації про ґрунт, його властивості і ґрунтові процеси; (2) способи управління інформаційними процесами; (3) загальні закономірності впливу інформаційних процесів на характер прикладних комунікацій у ґрунтознавстві.

Оскільки інформаційне ґрунтознавство є прикладним науковим напрямом, то основним методом пізнання і відображення інформації про ґрунт є практика, підкріплена теоретичними дослідженнями і розрахунками. Здобутки інформаційного ґрунтознавства необхідно перевіряти на практиці і приймати в тих випадках, коли вони відповідають критерію підвищення ефективності.

Отже можемо запропонувати комплексне визначення інформаційного ґрунтознавства як нового напрямку науки про ґрунти, який включає систему впорядкування, збору, зберігання й аналізу даних про ґрунти на різних ієрархічних рівнях, отримання безперервної в просторі і часі інформації про стан ґрунтового покриву для моделювання й збалансованого використання, відтворення й управління ґрунтовими ресурсами на основі природоохоронних, соціальних, екологічних, економічних і правових вимог.

Варто виокремити такі основні прикладні складові інформаційного ґрунтознавства:

- архітектура ґрунтових інформаційних систем, зокрема прийоми та методи побудови таких систем, основним завданням яких є автоматична обробка ґрунтових даних;
- інтерфейси ґрунтових інформаційних систем, а саме – прийоми та методи керування апаратним та програмним забезпеченням;
- програмування, а саме – прийоми, методи та засоби розробки комплексних програм;
- перетворення ґрунтових даних, зокрема прийоми та методи перетворення структур даних;
- захист інформації, тобто узагальнення прийомів, розробка методів і засобів захисту даних;
- автоматизація, а саме – функціонування програмно-апаратних засобів без участі людини;

- стандартизація, тобто забезпечення сумісності між апаратними та програмними засобами, між форматами представлення ґрунтових даних.

Інформаційне ґрунтознавство у своїх дослідженнях використовує широкий арсенал традиційних та нових методів. Оскільки для ефективного вирішення проблем у ґрунтознавстві необхідно мати фактичний і науковий матеріал дотичних прикладних та фундаментальних наук, а також володіти можливостями статистичної обробки, програмування, моделювання різних процесів, синтезування й прогнозування, інформаційне ґрунтознавство використовує всі ефективні, найновіші методи і технічні рішення. Серед них, наприклад, статистичний метод, який дає змогу отримувати, обробляти та аналізувати первинні статистичні матеріали. Порівняльний метод передбачає вивчення об'єктів шляхом порівняння з іншими об'єктами. Широко використовують порівняно прості методи математичної статистики, а саме: обробку варіаційних рядів з визначенням математичного очікування, дисперсії, середнього квадратичного відхилення, отримання інтенсивних та екстенсивних показників для порівняння тощо.

За допомогою методів математичного моделювання можна встановити взаємозв'язки між чинниками ґрунтоутворення, ґрунтовими процесами і окремими властивостями ґрунту, залежність змін окремих властивостей ґрунтів від дії зовнішніх чинників тощо. Математичні моделі дають змогу прогнозувати можливі варіанти перебігу подій, виокремлювати зв'язки, комбінувати їх. Сьогодні потужні комп'ютери нового покоління і засоби програмування дають змогу вирішити найскладніші системні ґрунтознавчі завдання. Дедалі більшого значення набувають такі методи, як застосування технології нейронних мереж та апарату теорії нечітких множин. Удосконалюють прийоми глобального моделювання з використанням моделей, які базуються на проблемно-прогнозному підході і дають змогу розглядати варіанти сценаріїв (прогнозів) глобального розвитку чи змін певних ґрунтів або ж ґрунтового покриву загалом.

В останні десятиріччя у дослідженні ґрунтового покриву та окремих ґрунтів щораз більшого значення набувають аерокосмічні методами дослідження. В багатьох країнах створені та функціонують експериментальні системи моніторингу за ґрунтовими ресурсами, куди входять аеро- і космічний комплекси збору інформації та наземний комплекс її приймання, обробки, збереження, поширення і використання. Специфіка застосування космознімання й отримання за його допомогою нової інформації зумовлена оглядовістю знімків, можливістю вивчення поверхні Землі на різних рівнях генералізації.

Аерокосмічні методи дають змогу отримувати якісно нову інформацію про ґрунти і ґрунтовий покрив, моніторити ґрунтові ресурси, оцінювати в динаміці певні процеси в ґрунтах, що відбуваються у локальному, регіональному чи глобальному масштабах.

Основним принципом дистанційного методу вивчення ґрунту є використання даних про кількість та розподіл діапазонів спектра радіації для одержання інформації про фізичні та хімічні властивості ґрунту.

Дешифрування аерофотознімків для картографування ґрунтів поділяють на генетичне та контурне. Генетичне дешифрування дає змогу отримати інформацію про ґрунтовий зміст контуру, а контурне дешифрування забезпечує

точне проведення границь між різними ґрунтами (Трифенова, 2005; Zhu et al., 2001).

Принципи і методи дешифрування ґрунтів спочатку розробили для аерофотознімків, які використовували для ґрунтового картографування у великих і середніх масштабах. Поява космічних знімків дала змогу використовувати їх під час складання та коригування середньо-, дрібномасштабних і оглядових ґрунтових карт, формувати актуальні ґрунтові бази даних та здійснювати моніторинг за ґрунтовими ресурсами.

Серед методів аналізу геопросторових даних в інформаційному ґрунтознавстві найбільшого прикладного значення набули методи створення експертних систем і баз знань, системне моделювання процесів і явищ, а також можливість створення інтелектуальних систем для прийняття певних рішень та менеджменту ґрунтових ресурсів певного регіону. Саме засоби моделювання дають змогу отримувати якісно новий тип інформації, який у подальшому доцільно використовувати в інформаційному ґрунтознавстві. Отож, одним з прикладів використання уніфікованих просторових моделей є побудова аналітичної моделі, яка містить просторову складову на базі математичного рівняння обчислення ерозійних втрат ґрунтової маси під впливом водної ерозії. Просторове моделювання ерозійних процесів виконане нами засобами ліцензійної програми ArcGISxx, охоплює межі Західного лісостепу України.

Оскільки ерозію ґрунту оцінюють, передусім за інтенсивністю змиву та об'ємами винесеного матеріалу, проектування та впровадження на практиці комплексу протиерозійних та ґрунтозахисних заходів потребує кількісних оцінок цих показників, які можна отримати емпірично з використанням просторового моделювання (Ямелинець, 2006). Нами використана одна з найвідоміших емпіричних моделей – модифіковане універсальне рівняння оцінки ерозійних втрат ґрунту (Revised Universal Soil Loss Equation – RUSLE). Саме рівняння RUSLE використано нами як базове для розробки власного ГІС-інструменту ErosionRUSLE (Ямелинець, 2006).

Топографічний або орографічний чинник в RUSLE представлений у вигляді LS-фактора (Wischmeier та ін., 1978). Відомо, що зі збільшенням довжини схилу зростає ерозійна потенційна небезпека, яка виражається фактором L . Довжина схилу визначається як горизонтальна відстань від місця, де бере початок водний потік, до місця, де кут нахилу (крутість схилу) є настільки незначним, що змитий матеріал починає відкладати, або ж невеликі струмені, об'єднуючись, починають формувати концентровані дощові потоки.

L -фактор в RUSLE визначають за формулою (Wischmeier та ін. 1978):

$$L = (\lambda / 22.1)^m,$$

де 22.1 – унікальна одиниця довжини RUSLE, м; m – показник крутості схилу; λ – проєктована горизонтальна довжина схилу, м.

Показник m залежить від крутості схилу, а саме:

$$m = \beta(\beta + 1), \quad \beta = (\sin \theta / 0.0896) / [3.0(\sin \theta)^{0.8} + 0.56],$$

де θ – кут нахилу схилу в градусах.

З'ясовано, що ерозійна небезпека інтенсивніше зростає зі зростанням крутості схилу, ніж зі збільшенням його довжини (Wischmeier та ін., 1978). Існує декілька формул для визначення фактору крутості схилу S .

За Вісчмеєром та Смітом фактор крутості схилу S визначають за формулою:

$$S = 0.065 + 0.045\theta + 0.0065\theta^2$$

Окрім формул, існують спеціальні таблиці та номограми, за якими можна без складних обчислень отримати показник LS .

Базовою моделлю для вивчення всіх основних показників впливу на розвиток ерозійних процесів (крутість, довжина, форма та експозиція схилу) вважають тривимірну цифрову модель рельєфу, створену засобами ArcGISxx. Тривимірна цифрова модель рельєфу є основою для створення похідних моделей різних характеристик рельєфу з можливістю подальшого їхнього використання для вивчення інших діагностичних властивостей та ознак (Байрак, 2004; Байрак, 2011). Отож основним завданням є аналіз тривимірної моделі засобами ГІС та створення комплексного показника впливу геоморфологічного чинника на ерозійну небезпеку території (Ямелинець та ін., 2012). Створення тематичних картосхем за крутістю, формою та експозицією схилів дало змогу засобами ГІС, зокрема методами оверлейного аналізу та геостатистики, обчислити та візуалізувати якісно нові просторові дані потенційно можливих проявів водної ерозії, розробити класифікацію з виокремленням п'яти класів за величиною потенційної ерозійної небезпеки ґрунтів. Окрім геоморфологічного чинника, досліджували декілька інших чинників, які є важливими і впливають на величину ерозійних втрат ґрунтів (Ямелинець та ін., 2012).

Важливим є порівняння потенційної ерозійної небезпеки для дослідних ділянок та даних фактичної змитості ґрунтів, отриманих в результаті польових і лабораторних аналізів. Наприклад, засобами ГІС-аналізу встановлено, що на еродованих схилах з прямолінійним профілем потужність гумусового горизонту поступово зменшується від вододілу до нижньої третини профілю. На сильноеродованому схилі з випукло-ввігнутим профілем гумусовий горизонт був повністю змитий на випуклій ділянці, а потужні наноси утворилися на ввігнутій ділянці профілю (Ямелинець та ін., 2012).

Підсумовуючи отримані результати, можемо стверджувати, що RUSLE, рекомендоване для розрахунку довготривалих середньорічних втрат ґрунту із розораних територій, можна застосовувати для розробки комплексу заходів з впровадження сталого землекористування з організацією та подальшим функціонуванням еколого-безпечних агроєкосистем. Окрім того, результати, отримані під час моделювання та верифікації даних в межах Волинського лісостепового Опілля, використані в прикладних цілях інформаційного ґрунтознавства, а саме – для наповнення бази даних ґрунтової інформаційної системи Львівської області.

Розглянуті традиційні та сучасні методи аналізу ґрунтової інформації формують сучасний методологічний апарат інформаційного ґрунтознавства. Інформаційне ґрунтознавство, як прикладний напрям ґрунтознавства, вважаємо інтегральним науковим напрямом, отож у ньому використовують методи і досягнення багатьох точних і гуманітарних наук.

Висновки. Нами запропоновано визначення інформаційного ґрунтознавства як нового напрямку науки про ґрунти, який передбачає систему впорядкування, збору, зберігання й аналізу даних про ґрунти на різних

ієрархічних рівнях, отримання безперервної в просторі і часі інформації про стан ґрунтового покриву для моделювання й збалансованого використання, відтворення й управління ґрунтовими ресурсами на основі природоохоронних, соціальних, екологічних, економічних і правових вимог. Предметом дослідження інформаційного ґрунтознавства є всі аспекти функціонування інформації, а саме: (1) процеси виникнення, передачі, зберігання, обробки, поширення інформації про ґрунт, його властивості і ґрунтові процеси; (2) способи управління інформаційними процесами; (3) загальні закономірності впливу інформаційних процесів на характер прикладних комунікацій у ґрунтознавстві. Також розглянуто традиційні та сучасні методи аналізу ґрунтової інформації, які формують сучасний методологічний апарат інформаційного ґрунтознавства. Оскільки для ефективного вирішення проблем у ґрунтознавстві необхідно володіти фактичним і науковим матеріалом дотичних прикладних та фундаментальних наук, а також володіти можливостями статистичної обробки, програмування, моделювання різних процесів, синтезування й прогнозування, інформаційне ґрунтознавство використовує всі ефективні, найновіші методи і технічні рішення (наприклад, статистичний метод, який дає змогу отримувати, обробляти та аналізувати первинні статистичні матеріали). Порівняльний метод передбачає вивчення об'єктів шляхом порівняння з іншими об'єктами. Широко використовують порівняно прості методи математичної статистики, а саме: обробку варіаційних рядів з визначенням математичного очікування, дисперсії, середнього квадратичного відхилення, отримання інтенсивних та екстенсивних показників для порівняння тощо. Увагу звернено на використання просторових аналітичних функцій ґрунтових інформаційних систем у моделюванні впливу рельєфу на розвиток ерозійних процесів певної території. На прикладі геоморфологічного чинника визначено підходи до формування тематичних баз даних в інформаційному ґрунтознавстві. Оскільки інформаційне ґрунтознавство, як прикладний напрям ґрунтознавства, вважаємо інтегральним науковим напрямом, у ньому також використовують методи і досягнення багатьох точних і гуманітарних наук.

Можна стверджувати, що у зв'язку з розвитком нового напрямку організації та аналізу ґрунтових даних на основі автоматизованих інформаційних систем у ґрунтознавство широко впроваджують нову термінологію, запозичену з інформатики, теорії обчислювальної техніки та програмування, значно розширюється словник понять з математичної галузі. Це неминучий і необхідний для нашої науки процес, що сприяє підвищенню її ефективності в зв'язку з використанням сучасних досягнень цих порівняно нових дисциплін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Байрак Г. Висвітлення морфометричних показників рельєфу методами ArcGIS / Г. Байрак // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. : збірник наукових праць – Львів, 2008. – С. 135–140.
- Байрак Г. Можливості ГІС для відображення характеристик рельєфу і проявів сучасної екзодинаміки / Г. Байрак // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. – Харків. – 2014. – № 19. – С. 3–6.

- Кириченко М. О. Формування інформаціології як ідеології інформаційного суспільства в умовах глобальної інформатизації третього тисячоліття. / М. О. Кириченко // Гілея: науковий вісник. – № 123. – 2017. – С. 181–184.
- Книжников Ю. Ф. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений. / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова // Москва: Издательство МГУ, 1991. – 206 с.
- Рожков В.А. Почвенная информатика / В. А Рожков, С. В. Рожкова // Москва : Издательство МГУ, 1993. – 192 с.
- Трифорова Т. А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях: Учебное пособие для вузов / Т. А. Трифорова, Н. В. Мищенко, А. Н. Краснощекоев // – Москва: Академический Проект, 2005. – 352 с.
- Юзвизин И. И. Основы информациологии : учеб. пособие для вузов / И. И. Юзвизин – Москва : Высшая школа, 2001. – 596 с.
- Ямелинець Т. С. Ерозійна деградація сірих лісових ґрунтів Західного Лісостепу України та критерії її оцінки. / Т. С. Ямелинець // Науковий вісник Волинського державного ун-ту імені Лесі Українки: Зб. наук. праць. Серія: Географія. №2 – Луцьк, 2006. – С. 165–171.
- Ямелинець Т. С. Застосування ГІС при дослідженні впливу геоморфологічного чинника на потенційну ерозійну небезпеку сірих лісових ґрунтів Західного лісостепу України. / Т. С. Ямелинець, О. Г. Телегуз // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія. – 2012. – № 2 (Вип. 32). – С. 33–40.
- Finke, P., Hartwich, R., Dudal, R., Ibanez, J. et al. (2001). Georeferenced Soil Database for Europe. Manual of procedures. Version 1.1. – European Soil Bureau. – 178 p.
- McBratney, A. B., Mendonça Santos, M. L., Minasny, B. (2003). On digital soil mapping. *Geoderma* 117, 3–52.
- McElice, R. J. (2004). *The theory of information and coding* (No. 86). Cambridge University Press. 93 p.
- Nachtergaele, F., van Velthuizen, H., Verelst, L., Batjes, N. H., Dijkshoorn, K., van Engelen, V. W. P., & Montanarella, L. (2010). The harmonized world soil database. In *Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, Brisbane, Australia, 1-6 August 2010 (pp. 34-37).
- Rossiter, D. G. (2004). Digital soil resource inventories: status and prospects // *Soil Use and Management*, V. 20, Issue 3. – Pp. 296–30.
- Shangguan, W., Dai, Y., Duan, Q., Liu, B., & Yuan, H. (2014). A global soil data set for earth system modeling. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 6(1), 249-263.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses. – A Guide for Conservation Planning*, Agriculture Handbook 537., United States Department of Agriculture, Washington.
- Zhu, A. X., Hudson, B., Burt, J., Lubich, K., & Simonson, D. (2001). Soil mapping using GIS, expert knowledge, and fuzzy logic. *Soil Science Society of America Journal*, 65(5), 1463–1472.

REFERENCES

- Bayrak, G. (2008). Vysvitlennia morphometrychnyh pokaznykiv reliefu metodamy ArcGIS [Elucidation of morphometric indicators of relief by ArcGIS methods] In *Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories: zbirnyk naukovykh prats*, Lviv, 135–140. (In Ukrainian)
- Bayrak, G. (2014). Mozhlyvosti GIS dlia vidobrazhennia harakterystyk reliefu i proiaviv suchasnoi ekzodynamiky [Possibilities of HS for reflection of relief characteristics and manifestations of modern exodynamics]. In *Problems of continuous geographical education and cartography*, 19, Kharkiv, 3–6. (In Ukrainian)
- Kirichenko, M. O. (2017). Formuvannia informatsiologii yak ideologii informatsiinoho suspilstva v umovakh hlobalnoi informatyzatsii tretoho tysiacholittia [Formation of information science as an ideology of the information society in the context of global informatization of the third millennium]. In *Hileia: naukovyi visnyk*, 123, 181–184. (In Ukrainian)
- Knizhnikov, Y. F., Kravtsova, V. I. (1991). *Aerokosmycheskye yssledovaniia dynamyky heohrafycheskykh yavlenyi* [Aerospace studies of the dynamics of geographical phenomena]. Moskva : Moscow State University, 206. (In Russian)
- Rozhkov, V. A., Rozhkova, S. V. (1993). *Pochvennaia informatika* [Soil informatics]. Publisher: Moscow State University, 192. (In Russian)
- Trifonova, T. A., Mishchenko, N. V., Krasnoshchekov, A. N. (2005). *Geoinformatsyonnyie systemy i distantsyonnoe zondirovaniye v ekolohicheskyykh issledovaniyakh*: Uchebnoe posobie [Geoinformation systems and remote sensing in environmental research: A textbook]. Moscow, 35. (In Russian)
- Yuzvishin, I. I. (2001). *Osnovy informatsyolohiy : ucheb. posobie*. [Fundamentals of information science: textbook]. Moscow: Vysshaia shkola, 596. (In Russian)
- Yamelynets, T. S. (2006). Eroziina degradatsiya siryh lisovyh gruntiv Zahidnogo Lisostepu Ukrainy ta kryterii ii ocinky [Erosion degradation of grey forest soils of the Western Forest-Steppe of Ukraine and criteria for its evaluation]. In *Nauk. Journal of Volyn State University named after Lesya Ukrainka: Coll. Science. Series: Geography*, 2, Lutsk, 165–171. (In Ukrainian)
- Yamelynets, T. S. (2012). Zastosuvannia GIS pry doslidzhenni vplyvu geomorphologichnogo chynnyka na potentsiynu eroziinu nebezpeku siryh lisovyh gruntiv Zahidnogo Lisostepu Ukrainy [Application of GIS in the study of the influence of geomorphological factors on the potential erosion hazard of grey forest soils of the Western forest-steppe of Ukraine] In *Scientific notes of Ternopil National University. Series: Geography*, 2 (32), 33–40. (In Ukrainian)
- Finke, P., Hartwich, R., Dudal, R., Ibanez, J. at al. (2001). *Georeferenced Soil Database for Europe*. Manual of procedures. Version 1.1. European Soil Bureau, 178.
- McBratney, A. B., Mendonça Santos, M. L., Minasny, B. (2003). On digital soil mapping. In *Geoderma*, 117, 3–52.
- McEliece, R. J. (2004). *The theory of information and coding* (No. 86). Cambridge University Press, 93.
- Nachtergaele, F., van Velthuizen, H., Verelst, L., Batjes, N. H., Dijkshoorn, K., van Engelen, V. W. P. & Montanarella, L. (2010). The harmonized world soil database.

- In *Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, Brisbane, Australia, 1–6 August 2010, 34–37.
- Rossiter, D.G. (2004). Digital soil resource inventories: status and prospects. In *Soil Use and Management*, 20 (3), 296–300.
- Shangguan, W., Dai, Y., Duan, Q., Liu, B., & Yuan, H. (2014). A global soil data set for earth system modeling. In *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 6(1), 249–263.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses. In *A Guide for Conservation Planning, Agriculture Handbook*, United States Department of Agriculture, Washington, 537.
- Zhu, A. X., Hudson, B., Burt, J., Lubich, K., & Simonson, D. (2001). Soil mapping using GIS, expert knowledge, and fuzzy logic. In *Soil Science Society of America Journal*, 65(5), 1463–1472.

