

МОНІТОРИНГ ЯКІСНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

Картографування ґрунтів є дуже важливим для ефективної реалізації сталого управління землекористуванням. В останні десятиліття методів картографування даних про ґрунти стало значно більше, що покращує якість виготовлених карт. Незважаючи на зазначені покращення, дані про ґрунти “на місцях” залишаються найкращим джерелом інформації, перевіреним протягом століть, і корисним для картографування ґрунтів та реалізації сталого управління земельними ресурсами. “Місцеві” дані та досвід повинні бути важливим аспектом картографування ґрунтів, оскільки фермери – одні з головних кінцевих користувачів виготовлених карт, а тому картографічні дані повинні відповідати реальності та потребам фермерів.

Для України важливою проблемою є актуалізація якісного стану земель. Інформація про якісний стан земельного фонду України наразі є застарілою. Процес моніторингу стану земель доцільно осучаснити і автоматизувати, а засобом для реалізації цього процесу є впровадження геоінформаційних методів моніторингу. Наразі основною метою робіт щодо аналізу та відображення даних якісного стану ґрунтів є осучаснення методів досліджень, а також відображення результатів у новому форматі – за допомогою ГІС. Геоінформатика є перспективним науковим напрямком, що стрімко розвивається. В найближчі роки всі галузі географічних знань будуть розвиватися під сильним впливом геоінформаційних технологій, комп’ютерної обробки просторової інформації, розшириться використання глобальних телекомунікаційних мереж.

Використання геоінформаційних систем у сільському господарстві дає змогу застосовувати нові можливості управління сільським господарством та його головним ресурсом – землею. Головною перевагою є можливість спільного користування базою даних, яка містить певні, потрібні для управління земельними ресурсами дані, а також постійно доповнюється і оновлюється. Також ГІС-технології застосовують для розробки та аналізу великої кількості варіантів проектних рішень, створення рекомендаційних та управлінських карт в агросфері.

Ключові слова: геоінформаційні системи, картографування ґрунтів, властивості ґрунтів, геостатистичний підхід, агроекологічний стан, моніторинг сільськогосподарських угідь.

Вступ та постановка задачі. Геоінформаційні системи (ГІС) використовуються у різних сферах людської діяльності, а особливо в тих, які потребують інформації про взаємне розташування та форму об’єктів у просторі, а також їх зміни у часі. ГІС дає можливість отримувати, обробляти, систематизувати та візуалізувати всі процеси та явища, які відбуваються на земній поверхні, суспільстві, в економіці тощо. ГІС є потенційним інструментом для обробки об’ємних даних і дає можливість підтримувати просторовий статистичний аналіз, тому можна використати ГІС-технології для підвищення точності обстеження ґрунтів.

Для України важливою проблемою є актуалізація якісного стану земель. Інформація про якісний стан земельного фонду України наразі є застарілою [1]. Процес моніторингу стану земель доцільно осучаснити і автоматизувати, а засобом для реалізації цього процесу є впровадження геоінформаційних методів моніторингу.

Наразі основною метою робіт щодо аналізу та відображення даних якісного стану ґрунтів є осучаснення методів досліджень, а також відображення результатів у новому форматі – за допомогою ГІС. Сучасна карта ґрунтів, на відміну від її попередників – паперових карт 70-х років минулого століття, які оцифровуються і використовуються донині – це не просто статична карта, “знімок часу” стану ґрунтового покриву, а динамічне відображення даного стану. Те, що сьогодні ми розуміємо під “правильною” цифровою ґрунтовою картою – це не

сканований паперовий прототип п'ятдесятирічної давнини, це комплексна наповнена актуальними даними база геопросторових даних, що візуалізується у вигляді ґрунтової карти і постійно оновлюється та доповнюється [2].

В ідеалі така база даних містить розгорнуту кількісну та якісну інформацію про стан ґрунтового покриву і відображається у зрозумілому, навіть, для необізнаного у цій сфері користувача форматі. Такі цифрові карти можуть та повинні постійно поповнюватись новими даними відповідно до змін ґрунту. Враховуючи вищезазначене, можна зробити висновок, що сучасна цифрова ґрунтова карта не може бути створена та існувати інакше, ніж у ГІС середовищі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На території України у 1930-х роках завдання картографування ґрунтів потребували розробки більш детальних систем класифікації ґрунтів, що охоплювали б реальне географічне різноманіття ґрунтів у колишньому Радянському Союзі. Факторно-генетичний підхід був покладений в основу класифікаційних рішень. Прототип нової системи запропонували І.П. Герасимов, А.А. Завалішин, Є.Н. Іванова в 1939 р. Основна одиниця класифікації ґрунтів – тип ґрунту була визначена як “група ґрунтів, що розвиваються в подібних умовах, і характеризуються загальним походженням і загальними процесами перетворення та міграції речовин”. Система 1939 р. перераховувала 10 зональних типів ґрунтів. У 50-х роках цей перелік було розширено до понад 100 типів ґрунтів. У 1956 р. Є.Н. Іванова та Н.Н. Розов запропонували класифікувати ґрунти світу на основі еколого-генетичного підходу [3, 4].

В 1958 році було офіційно прийнято визначення ґрунтових таксонів нижчого рівня.

Виклад основного матеріалу дослідження. Система моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення є складовою державної системи моніторингу довкілля і являє собою систему спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про зміни показників якісного стану ґрунтів, їх родючості, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо прийняття рішень про відвернення та ліквідацію наслідків негативних процесів. При здійсненні моніторингу земель важливими факторами, які значно підвищують його об'єктивність, достовірність та наочність, є можливість створення високоінформативного цифрового картографічного матеріалу, на основі якого можна здійснювати аналіз агроекологічного стану земель та розробляти прогнози щодо напрямків можливих його змін [1].

З урахуванням зазначених факторів, виникає необхідність використання ефективних сучасних засобів, за допомогою яких вирішення проблеми охорони ґрунтів шляхом моніторингу їх стану значно полегшується і прискорюється. Зокрема, важливим є виявлення територій, які піддаються впливу негативних процесів і явищ, що погіршують екологічний стан цих територій; також доцільним є визначення можливих перспектив змін цих територій під впливом природних чинників або людської діяльності. Сучасним та перспективним засобом вирішення цих проблем, беручи до уваги, що фактори впливу мають просторово-розподілений характер, є геоінформаційні системи.

Для забезпечення користувачів необхідною для прийняття рішень інформацією на платформі ГІС створюється база даних, що містить:

- цифрову модель місцевості, на якій здійснюються агротехнічні операції;
- дані дистанційного зондування Землі;
- інформацію про властивості і характеристики ґрунтів;
- карти посівів за роками;
- історію оброблення полів тощо [5].

Для більш ефективного використання агрономічна ГІС повинна включати багат шарову електронну карту господарства та атрибутивну базу даних історії полів з інформацією про всі агротехнічні заходи. Обов'язково повинні бути включені тематичні шари мезорельєфу, відомості про крутизну схилів та їх експозиції, мікроклімат, рівні ґрунтових вод, вміст гумусу в ґрунті.

Атрибутивна база даних, що містить дані різного описового характеру, пов'язана з шарами електронної карти. Прив'язку доцільно почати з гідрографічної мережі, яружно-балочного комплексу і доповнити дорожньою мережею та іншими об'єктами інфраструктури. До об'єктів цифрової карти також прив'язують базу даних, що включає інформацію про посівні площі, дані про стан ґрунтів.

Використання таких методів дозволяє отримувати деталізовану інформацію про великі території (сільськогосподарське підприємство, адміністративний район тощо), забезпечує можливість визначення конфігурації полів, їх орієнтування, площі, напрямків оранки, стану полів на момент зйомки і сприяє оперативному оцінюванню сільськогосподарських угідь [5]. Наприклад, знаючи, як змінюється спектральна яскравість рослинності протягом вегетаційного періоду, можна за значенням яскравості на зображенні судити про стан посівів та їх агротехнічний стан. Після перезимівлі стан озимих культур оцінюється за розбіжностями в яскравості пікселів здорових і загиблених рослин, стан озимих та ярих до збирання врожаю – на основі врахування ступеня покриття ґрунту сходами посівів і рівномірності їх розподілу тощо.

Картографування ґрунтів є дуже важливим для ефективною реалізації сталого управління землекористуванням. В останні десятиліття методів картографування даних про ґрунти стало значно більше, що покращує якість виготовлених карт. Незважаючи на ці покращення, дані про ґрунти “на місцях” залишаються найкращим джерелом інформації, перевіреним протягом століть, і корисним для картографування ґрунтів та реалізації сталого управління земельними ресурсами.

Традиційне картографування ґрунтів завжди було складним та трудомістким процесом через внутрішню просторову мінливість ґрунту. Багато інформації про просторову мінливість ґрунту втрачається за традиційного підходу, оскільки ґрунти відображаються на картах як багатокутники (полігони), які характеризують типи ґрунтів або класи. Протягом останніх десятиліть було досягнуто значного прогресу в методах спостереження за Землею та прогнозуванні властивостей ґрунту за даними, отриманими дистанційними та наземними датчиками. У той же час були розроблені математичні та статистичні прийоми, які дозволяють “прогнозувати” властивості ґрунтів у районах з недостатньою або відсутньою інформацією, а також методи визначення точності таких прогнозів. Цифрова революція, яка змінила багато наук, призвела до розробки нової дисципліни під назвою “Digital Soil Mapping” (“Цифрове картографування ґрунтів”).

Дані зміни полягають в тому, що для складання карти, що описує розподіл атрибутів ґрунту на певній території, точки спостереження ґрунту накладаються та співставляються із шарами даних, отриманих з різного роду спостережень за ґрунтами; модель певної структури придатна для опису взаємозв'язку даних спостережень за ґрунтами з наявними типами ґрунтів. Р. Маккензі назвав просторово виражений фактор-підхід “екологічною кореляцією”. Це було в середині 1990-х років, внаслідок чого прийшло усвідомлення подібності між підходом крігінгу і підходом екологічної кореляції, також було зроблено спроби об'єднати ці два методи. Комбінаторний підхід загалом став відомим як регресія крігінгу [5].

Впровадження геоінформаційних систем і технологій істотно розширює діапазон їх застосування. Сьогодні за таким шляхом відбувається розробка моделей міграції забруднювачів в геологічному середовищі, атмосфері і гідросфері; дослідження ерозії і деградації ґрунтів; паводкових ситуацій; розвитку екзогенних процесів; прогнозування і оцінка викидів в атмосферу небезпечних хімічних речовин та багато інших завдань.

Використання геоінформаційних систем у сільському господарстві дає змогу застосовувати нові можливості управління сільським господарством та його головним ресурсом – землею. Головною перевагою є можливість спільного користування базою даних, яка містить певні потрібні для управління земельними ресурсами дані і постійно доповнюється та оновлюється. Також ГІС-технології застосовують для розробки та аналізу великої кількості варіантів проектних рішень, створення рекомендаційних та управлінських карт в агросфері.

Прискорити та підвищити ефективність процедури прийняття рішень, забезпечити відповіді на запити і функції аналізу просторових даних, відобразити результати аналізу в доступному, наочному і зручному для показу та аналізу вигляді – головні переваги застосування ГІС-технологій у сучасному світі [6].

Результати досліджень. На сьогодні в Україні при моніторингу якісного стану земель все більшого впровадження набувають геоінформаційні системи, що використовуються для вирішення наступного кола завдань:

централізованого зберігання, доступу та управління картографічною базою даних підприємства (межі ділянок та сільськогосподарських угідь, картограми агрогруп, проекти сівозмін, агротехнічні паспорти земельних ділянок, проекти відведення земельних ділянок з усією супровідною документацією, цифрові моделі рельєфу, ортофотоплани тощо);

контролю за виконанням сільськогосподарських робіт на полях, відстеження посівів у розрізі культур і полів;

оцінки якості ґрунтів, потенційної врожайності культур, агроекологічного стану, деградаційних процесів (класифікація земель різного призначення, розподіл земель за крутизною та експозицією схилів, виділення особливо цінних ґрунтів, характер ґрунтового покриву, забрудненням хімікатами);

аналізу ефективності ведення сільського господарства (обґрунтування доцільності поділу земель і формування угідь, відповідність цільового використання земель агровиробничому потенціалу ґрунтів, ефективність вирощування культур тощо);

здійснення оперативного моніторингу сільськогосподарських угідь, контролю діяльності фахівців працівників (землевпорядників, агрономів), можливості збору та оновлення просторових даних у польових умовах в реальному часі, застосовуючи мобільні додатки онлайн або в офлайн режимі (навіть при відсутності мережі чи інтернет-з'єднання);

автоматизації процесу складання звітності, планування та прогнозування розвитку підприємства, а також прогноз стану ґрунтів на майбутні періоди [7].

Вивчаючи досвід провідних країн світу, які застосовують широко розповсюджене програмне забезпечення для роботи з просторовою інформацією та в загальному ринку впровадження геоінформаційних систем та технологій, можна констатувати, що відповідно до досліджень незалежних дослідницьких та консалтингових центрів для промислових та інфраструктурних підприємств Global Market Research Study та ARC Advisory Group, найбільш часто використовуються програмні продукти лінійки ArcGIS від ESRI, який є лідером при розробленні геоінформаційних систем для багатьох галузей світової економіки.

ArcGIS – це значний набір інструментів та можливостей для картографування та дослідження географічних даних. Його можна розгорнути на локальних машинах (ArcGIS Pro), на віддалених, локальних серверах (ArcGIS Enterprise) або як сервіс, розміщений Esri (ArcGIS Online) [8].

Для того, щоб інформація про земельні ділянки була достовірною і актуальною, потрібно проводити періодичне спостереження за станом ґрунтів для своєчасного виявлення і внесення даних про зміни, їх оцінку для запобігання та ліквідації наслідків негативних процесів. Тому виникає необхідність провести моніторинг земель. Адже моніторинг складається із систематичних спостережень за станом ґрунтів (агрохімічна паспортизація земельних ділянок, зйомка, обстеження і вишукування), виявлення у ньому змін, а також проведення оцінки:

- стану використання земельних ділянок;

- процесів, пов'язаних із змінами родючості ґрунтів (розвиток водної і вітрової ерозії, втрата гумусу, погіршення структури ґрунту, заболочення і засолення), заростання сільськогосподарських угідь, забруднення земель пестицидами, важкими металами радіонуклідами та іншими токсичними речовинами;

- стану берегових ліній річок, морів, озер, заток, водосховищ, лиманів і гідротехнічних споруд;

- процесів, пов'язаних з утворенням ярів, зсувів, селевими потоками, землетрусами, карстовими, кріогенними та іншими явищами;

- стану земель населених пунктів, територій, зайнятих нафтогазодобувними об'єктами, очисними спорудами, гноєсховищами, складами паливно-мастильних матеріалів, добрив, стоянками автотранспорту, захороненням токсичних промислових відходів і радіоактивних матеріалів, а також іншими промисловими об'єктами.

Сутність геоінформаційного картографування полягає в математико-картографічному моделюванні природних і господарських геосистем на основі баз даних, ГІС-технологій і географічних знань про об'єкти дослідження. Цей напрямок формується на перетині таких областей знання, як автоматизоване і системне картографування, а також дистанційних методів і геоінформаційних систем. Воно включає в себе основні аспекти укладання, редагування, видання та використання картографічного матеріалу, автоматичного створення карт на основі обробки даних дистанційного зондування [9-10].

Геоінформатика є перспективним науковим напрямком, що стрімко розвивається. У найближчі роки всі галузі географічних знань будуть розвиватися під сильним впливом геоінформаційних технологій, комп'ютерної обробки просторової інформації, розширяться використання глобальних телекомунікаційних мереж. У багатьох країнах світу геоінформатика та геоінформаційні методи розглядаються як магістральні напрямки, що сприяють інтеграції всієї системи географічних наук.

Висновки. Отже, моніторинг якісного стану ґрунтового покриву – це один із найдієвіших засобів систематичного отримання та оновлення інформації про ґрунти, їх розподіл і зміни у просторі та часі. За його результатами можна контролювати родючість ґрунтів, а, отже, й раціональне використання.

На даний момент, більшість інформації про земельні ресурси України загалом та склад угідь зокрема зберігається у застарілому форматі: дані про просторове розміщення (карти) зберігаються у вигляді відсканованих карт для кожного землекористувача окремо, інколи у вигляді шейп-файлів, які є також свого роду застарілим форматом зберігання даних. Дані про ґрунти, їх природні характеристики зберігаються у вигляді друкованих книг 70-х років минулого століття, а важливі дані про кислотність ґрунту, гранулометричний склад, гумусованість, вміст окремих речовин взагалі відсутні. За потреби, землекористувачу необхідно шукати дані у різних джерелах або безпосередньо виходити на місцевість і збирати такі дані власноруч, що є досить трудомістким та високовартісним процесом. Дані ж про кількісний стан є актуальними, але зберігаються лише у формах статистичної звітності.

Першим кроком до вирішення вищеперерахованих проблем є, насамперед, збір та систематизація даних з різних джерел. Потрібно зібрати дані з різних державних установ, які мають відношення до ґрунтів, узгодити та систематизувати дану інформацію у Держгеокадастрі. Необхідно заохотити великих землекористувачів, товаровиробників, агрохолдинги “поділитись” наявною інформацією, оскільки кожен з них має у своєму штаті агрономів, які володіють актуальною інформацією про стан наявних земель. Отриману інформацію необхідно зберігати в базі геопросторових даних за допомогою геоінформаційної системи. Це дає можливість інтегрувати просторову та атрибутивну інформацію, забезпечує можливість зберігати одні і ті ж самі показники до кожного контуру ґрунту, з прив'язкою до місцезнаходження цього контуру, здійснювати різного роду аналіз даних, зберігати дані у табличних форматах, у режимі реального часу вносити зміни до даних та надавати доступ до даних усім органам державної влади, місцевого самоврядування, фіскальним органам та іншим зацікавленим особам.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Зацерковний В.І. Застосування геоінформаційних систем у задачах ефективного землекористування. *Техногенна безпека. Радіобіологія*. 2015. № 249. С. 14–21.
2. Берлянт А.М., Мусин О.П., Ю.В. Свентек Ю.В. Геоинформационные технологии и их использование в эколого-географических исследованиях. *География*. Москва, 1993. С. 231 - 241.
3. Кохан С.С., Москаленко А.А., Шило Л.Г. Геоінформаційне забезпечення якісної оцінки ґрунтів. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2013. № 6. С. 18-25.
4. Крикунов В.Г. Ґрунти і їх родючість: підручник. Київ, 1993. 287 с.

5. Аніщенко В.О. До питання створення системи комплексного моніторингу антропогенних змін довкілля. *Інженерна геодезія*. 2002. № 48. С. 3-10.
6. Аніщенко В.О. Моніторинг і охорона земель: навч. посіб. Чернігів, 2006. 208 с.
7. Федченко О.П., Кулинич І., Стурубльов О.І. Екологічний моніторинг на базі геоінформаційної платформи ARCGIS. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки*. 2020. № 2(44). С. 68-72.
8. Карпінський Ю.О. Зміст і засоби сучасного геоінформаційного картографування. *Інтеграція геопросторових даних у дослідженнях природних ресурсів: міжн. наук.-прак. конф.* Київ: Компрінт, 2014. С. 72–76.
9. Кохан С.С., Москаленко А.А. Розроблення структури бази знань системи геоінформаційного моніторингу для оцінювання якісного стану земель сільськогосподарського призначення. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2015. № 5. С. 32-37.
10. Кобець М.І. Використання сучасних інформаційних технологій в системах сільськогосподарського менеджменту. URL: http://undp.org.ua/agro/pub/ua/P2005_05_08_05.pdf.

REFERENCES:

1. Zatserkovnyi V.I. (2015), “Zastosuvannia heoinformatsiinykh system u zadachakh efektyvnoho zemlekorystuvannia” [Application of geographic information systems in problems of efficient land use], *Man-made safety. Radiobiology*, № 249, pp. 14–21.
2. Berlyant A.M., Musin O.P., Yu.V. Sventek Yu.V. (1993), “Geoinformatsionnyie tehnologii i ih ispolzovanie v ekologo-geograficheskikh issledovaniyah” [Geoinformation technologies and their use in ecological and geographical research], *Geography. Moscow*, pp. 231 - 241.
3. Kokhan S.S., Moskalenko A.A., Shylo L.H. (2013), “Heoinformatsiine zabezpechennia yakisnoi otsinky gruntiv” [Geoinformation support of qualitative assessment of soils], *Eastern European Journal of Advanced Technology*, № 6, pp. 18-25.
4. Krykunov V.H. (1993), “Grunty i yikh rodiuchist” [Soils and their fertility], Kyiv, 287 p.
5. Anishchenko V.O. (2002), “Do pytannia stvorennia systemy kompleksnoho monitorynhu antropohennykh zmin dovkillia” [On the issue of the system’s creating of integrated monitoring of anthropogenic changes in the environment], *Engineering geodesy*, № 48, pp. 3-10.
6. Anishchenko V.O. (2006), “Monitorynh i okhorona zemel” [Monitoring and protection of lands], Chernihiv, 208 p.
7. Fedchenko O.P., Kulynych I., Storublov O.I. (2020), “Ekolohichnyi monitorynh na bazi heoinformatsiinoi platformy ArcGIS” [Environmental monitoring based on the ARCGIS geoinformation platform], *The Herald of the Kyiv Taras Shevchenko national university. The military-special sciences*. № 2(44), pp. 68-72.
8. Karpinskyi Yu.O. (2014), “Zmist i zasoby suchasnoho heoinformatsiinoho kartohrafuvannia. Intehratsiia heoprostorovykh danykh u doslidzhenniakh pryrodnykh resursiv: mizhn. nauk.-prak. konf” [Content and means of modern geoinformation mapping. Integration of geospatial data in the study of natural resources: int. scientific-practical conf.]. Kyiv: Komprint, pp. 72–76.
9. Kokhan S.S., Moskalenko A.A. (2015), “Rozroblennia struktury bazy znan systemy heoinformatsiinoho monitorynhu dlia otsiniuvannia yakisnoho stanu zemel silskohospodarskoho pryznachennia” [Development of the knowledge base structure of the geoinformation monitoring system for assessing the quality of agricultural land]. *Eastern European Journal of Advanced Technology*. № 5, pp. 32-37.
10. Kobets M.I. “Vykorystannia suchasnykh informatsiinykh tekhnolohii v systemakh silskohospodarskoho menedzhmentu” [Use of modern information technologies in agricultural management systems]. URL: undp.org.ua/agro/pub/ua/P2005_05_08_05.pdf.

Ph.D. Fedchenko O.P., Kuharuk A.E., Ph.D. Lytvynenko N.I.

THE SOIL QUALITY MONITORING WITH USING OF THE GEOINFORMATION ANALYSIS

The soil mapping is very important for the effective implementation of sustainable land management. In recent decades, the methods of mapping soil data have become much more, which improves the quality of the maps produced. Despite these improvements, field data on the ground remain the best source of information verified over the centuries and useful for soil mapping and sustainable land management. “Local” data and experience should be an important aspect of soil mapping, as farmers are one of the main

end users of the maps produced, and therefore cartographic data should be relevant to the realities and needs of farmers.

An important problem for Ukraine is the actualization of the quality of land. Information on the quality of Ukraine's land fund is currently out of date. The process of monitoring the state of lands should be modernized and automated, and the means to implement this process is the introduction of geoinformation monitoring methods.

Currently, the main purpose of work on the analysis and display of data on the quality of soils is the modernization of research methods, as well as the display of results in a new format - using GIS.

Geoinformatics is a promising scientific field that is developing rapidly. In the coming years, all areas of geographical knowledge will develop under the strong influence of geographic information technologies, computer processing of spatial information, and the use of global telecommunications networks will expand.

The use of geographic information systems in agriculture makes it possible to apply new opportunities for managing agriculture and its main resource - land. The main advantage is the ability to share a database that contains certain data needed for land management, and is constantly updated and updated. GIS-technologies are also used to develop and analyze a large number of design solutions, creating recommendation and management maps in the agricultural sector.

Keywords: geoinformation systems, soil mapping, soil properties, geostatistical approach, agroecological condition, monitoring of agricultural lands.

