

G17 АРХІТЕКТУРА ТА МІСТОБУДУВАННЯ. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ГЕОСИСТЕМ

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)

Отримано: 12.08.2026; Прийнято: 30.08.2026; Опубліковано: 30.09.2026;

УДК 006.01:631.41:528.235

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.11>

СТАНДАРТИЗАЦІЯ КОЛІРНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ГЕОДАНИХ АГРОХІМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ГРУНТІВ У СЕРЕДОВИЩІ ГІС

Б.Б. ЗАЯЧКІВСЬКА,

кандидат економічних наук,

E-mail: b_zayachkivska@nubip.edu.ua

ORCID: 0009-0003-0962-5998

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України»*

Р.П. ПАЛАМАРЧУК,

кандидат сільськогосподарських наук,

E-mail: prp777@ukr.net

ORCID: 0000-0002-5965-1305

Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України»

О.М. ГРИЩЕНКО,

кандидат сільськогосподарських наук,

E-mail: grischenkoel@ukr.net

ORCID: 0000-0002-1241-7183

Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України»

М.В. ЗАВОДЯНА,

молодший науковий співробітник,

E-mail: mbr4119@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2190-4274

Інститут землекористування НААН України

О.О. МЕЛЬНИЧУК,

магістр

E-mail: oleh_good@ukr.net

Анотація. У статті досліджено проблему стандартизації колірної візуалізації геопросторових даних під час ведення бази даних агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, розробки тематичних карт, атласів та функціонування геопорталів. Проаналізовано розбіжності між традиційними субтрак-

тивними колірними моделями друку (СМЯК, Pantone) та цифровими адитивними моделями екранів (RGB, HEX), а також моделями дизайну (HSL/HSV). Обґрунтовано необхідність переходу від словесного опису кольорів у нормативних документах до створення технічних специфікацій та еталонних колірних матриць (Cartographic Design System) із подвійним кодуванням (sRGB для веб-сервісів та Coated FOGRA39 для поліграфії). Це дозволяє уникнути виникнення наднасичених відтінків, втому очей та забезпечити дотримання вимог контрастності та доступності (WCAG 2.1).

Відповідно затвердженій Методики проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення формалізовано 6-рівневі спектральні шкали забезпеченості ґрунтів поживними речовинами та 6-рівневі спектральні шкали забруднення.

Ключові слова: стандартизація візуалізації, база геоданих, агрохімічний моніторинг, еталонна колірна матриця, колірні простори (RGB/СМЯК/HEX), геопортал, QGIS Atlas, PyQGIS, автоматизація картографування, файли стилів (.qml), Cartographic Design System

Актуальність

Картографія історично розроблялася для друку, проте сучасні ГІС-системи та геопортали працюють у цифровому середовищі. У методиках або технологічних нормативах кольори часто описуються словесно (наприклад, рельєф – коричневим, рослинність – зеленим) або за номерами фарб шкали PANTONE чи СМЯК, тоді як у веб-ГІС використовуються цифрові моделі HEX та RGB.

На практиці під час візуалізації геоданих часто розробники картографічних матеріалів стикаються з тим, що один і той же словесний опис кольорів сприймається різними розробниками тематичних карт, атласів, баз геоданих по-різному. Щоб усім виконавцям не розробляти свої бібліотеки стилізацій які в кінцевому підсумку відрізнятимуться між собою необхідно розробити технічний стандарт (специфікацію). Він може бути представлений у вигляді таблиці з чітко зафіксованими значеннями HEX, RGB, СМЯК, Pantone та назвами елементів візуалізації.

На основі специфікацій набагато простіше створити цифрові бібліотеки стилів для QGIS (файли .qml чи .xml), для ArcGIS Pro (файли .stylex) або для веб-геопорталів (стилі Mapbox GL Style JSON / OGC SLD). Окрім цього має бути забезпечена автоматична конвертація для підтримки єдності між друком та веб-версіями щоб зафіксувати колірні профілі (наприклад, sRGB для екранів та Coated FOGRA39 для друку). Щоб стандартизувати підхід і зафіксувати єдиний колірний код для кожної назви, найкраще створити еталонну матрицю кольорів (Cartographic Design System).

Основна розбіжність виникає через колірні простори та середовище відображення. Один і той самий колір має абсолютно різний діапазон доступних відтінків у різних колірних просторах (різне колірне охоплення, Gamut). Тому колірний простір як математична та фізична модель, яка описує, як саме кольори створюються, вимірюються та відображаються на конкретному пристрої (на екрані монітора, друкарському верстаті чи папері) передбачає різні технології

створення потрібних відтінків кольорів. У картографії та ГІС найважливіше розуміти різницю між трьома основними колірними просторами:

Перший колірний простір – адитивна модель – RGB (Red, Green, Blue). Вона застосовується для екранів моніторів, смартфонів, геопорталів, цифрових картографічних веб-сервісів (Leaflet, Mapbox). Принцип роботи полягає у випромінюванні світла через змішування трьох базових променів: червоного (R), зеленого (G) та синього (B).

Формат HEX за своєю суттю відповідає RGB, але має інший запис під час кодування для веб-розробки, наприклад, RGB(0, 153, 220) відповідає #0099DC.

Субтрактивна модель CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black), що використовується в друкарні, топографічних фабриках, під час друку паперових карт та атласів, дає можливість візуалізувати задані кольори на папері з врахуванням поглинаючої функції фарб. Значення нанесення кожної з чотирьох фарб вимірюється у відсотках (від 0% до 100%). Таким чином, фізична фарба під час друку не охоплює всю її кольорову гаму представлену у моделі RGB та не здатна відтворити такі ж яскраві, чисті відтінки, які випромінює екран монітору. Тому чим більш чистим та неоновно-яскравим є колір на екрані, тим більш тьмяним, брудним або темним він виглядатиме на папері після друку.

Модель для дизайну HSL / HSV / HSB (Hue, Saturation, Lightness / Value / Brightness) використовується в інтерфесах ГІС-програм (QGIS, ArcGIS) під час підбору збалансованих палітр так к створена для зручного людського сприйняття. Яскравість у моделі HSV/HSB (Value/Brightness)

- це максимальна яскравість самого кольору (чистий колір), а не білий та щоб зробити його білим, потрібно зменшувати насиченість (Saturation). Тому в специфікації краще окремо уточнити вимірювання для Lightness та Value, адже в ГІС-програмах (зокрема QGIS та ArcGIS) частіше використовується саме діапазон у відсотках від 0% (чорний) до 100% (білий або яскравий).

Якщо у стандарті колірної візуалізації зафіксувати лише код CMYK, то при спробі відобразити його у веб-ГІС комп'ютер автоматично переведе його в RGB, що може дати несподіваний брудний або надто тьмянний відтінок. З іншої сторони, якщо ж зафіксувати лише RGB/HEX (наприклад, яскраво-блакитний для річки), при друці на папері цей колір стане тьмянішим, бо друкарська фарба фізично не здатна його відтворити. У специфікації для кожного елемента карт має бути передбачена перевірена пара значень, код для екрана (HEX/RGB) та коректний код для друку (CMYK/Pantone), а не просто автоматична конвертація між ними.

Важливо уникати гіпернасичених відтінків кольорів з максимально можливою яскравістю та насиченістю (Saturation близько 100%), які зазвичай не зустрічаються у живій природі, тому що вони викликають відчуття світіння або подразнення очей. Даний ефект також трапляється при переході від друкованих матеріалів до веб-карт через різницю між колірними моделями CMYK (друк) та RGB / HEX (екрани). Також стандартні топографічні карти розраховані на фон яким виступає білий папір, проте на геопорталах підкладка може бути супутниковим знімком або темною карт-схемою.

Необхідність адаптації карт для приємного візуального сприйняття має низку обґрунтувань. Щонайперше, користувач не зможе довго працювати з картою, якщо великі площі (ліси, водойми, квартали) зафарбовані гіпернасиченими відтінками, так як це призводить до швидкої втоми очей. Надмірна насиченість колірного фону шарів карти спотворює контраст і шкодить важливим елементам (наприклад, погіршується читабельність текстових підписів, лінії маршрутів стають невиразними чи втрачаються інші акценти). Європейські нормативи мають враховувати доступність (Accessibility & WCAG 2.1), врахування технічних параметрів візуалізації для людей з порушеннями сприйняття кольору (дальтонізм), тоді як сучасні геопортали зобов'язані відповідати вимогам контрастності. Тому застосовують правило картографічного дизайну за якого великі площинні об'єкти (полігони лісів, води, забудови тощо) завжди роблять пастельними, приглушеними або пом'якшеними. При цьому яскраві, насичені кольори використовують виключно для дрібних акцентів – точкових об'єктів, кордонів тощо.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Нормативне забезпечення обстеження та картографування ґрунтів в Україні спирається на низку профільних ДСТУ, які регламентують методологію збору й обробки даних, проте не визначають колірного кодування результатів. Зокрема, порядок електронного картографування ґрунтового покриву методом багатоспектрального сканування встановлено ДСТУ 7849:2015 [2], розробленим Техніч-

ним комітетом стандартизації «Ґрунтознавство» (ТК 142) спільно з Національним науковим центром «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського». Показники родючості ґрунтів та порядок їх використання для моніторингу й агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення визначено ДСТУ 4362:2004 [3], який також передбачає створення ґрунтово-агрохімічних баз даних. Класифікаційну основу доповнюють ДСТУ 3866-99 [4] щодо ступеня вторинної солонцюватості ґрунтів та ДСТУ 7827:2015 [5] щодо класифікації якості ґрунту. Розроблені національні топографічні стандарти, які визначають стилістичні правила оформлення умовних позначень на картографічних матеріалах, серед яких: умовні знаки для топографічних карт масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000; специфікації ДНВП «Картографія»; класифікатори геоінформації та стандарти НДО (НІГД). Встановлено, що зазначені стандарти формують систему класів і градацій агрохімічних показників, однак жоден із них не містить прескриптивної колірної шкали для їх картографічного відображення.

Традиція власне агрохімічного картографування в Україні є усталеною практикою, що склалася в межах вітчизняної картографічної школи: агрохімічні картограми визначаються як тематичні карти, що відображають просторовий розподіл ступеня забезпеченості ґрунтів елементами живлення шляхом зафарбування контурів з однаковими показниками [6]. Доведено, що ця традиція функціонує як конвенційна, фактично усталена практика колірного кодування, а не як формалізований і затверджений стандарт, що зумовлює варіативність колірних рішень між виконавцями та ві-

домчими картографічними службами.

Існують міжнародні директиви та специфікації, які стосуються стилізації геопросторових об'єктів та візуалізації, зокрема чіткі правила стилізації та кодування шарів геопросторових даних в Європі визначені в стандарті INSPIRE (ЄС); стандарт опису символіки що використовується у GeoServer, MapServer та QGIS закріплений в Open Geospatial Consortium (Styled Layer Descriptor / Symbolology Encoding); картографічний стандарт Синтії Брюер для вибору візуально збалансованих та контрастних палітр - ColorBrewer 2.0. В геоінформаційних технологіях передбачені стандартні бібліотеки стилів у ArcGIS Pro (.stylx) та QGIS (.qml, .xml). INSPIRE Data Specification on Soil (D2.8.III.3) [7], розробленою Тематичною робочою групою TWG-SO. Специфікація визначає модель даних на основі стандартів ISO 19156:2011 (Observations and Measurements) для параметричних характеристик ґрунту, та ISO 19123 (Coverages) для растрового представлення тематичних ґрунтових карт, а також рекомендує застосування класифікаційної схеми WRB (World Reference Base for Soil Resources) для забезпечення семантичної інтероперабельності [7]. Встановлено, що зазначена специфікація вичерпно регламентує структуру та семантику даних, проте питання їх візуального (колірного) представлення вносить за межі власного регулювання.

Безпосередньо питання картографічного портретування (portrayal) геоданих регламентовано стандартом ISO 19144-2 [9] та специфікацією OGC Symbolology Encoding (SE), яка передбачає механізми ареальної класифікації даних, зокрема побудову choropleth карт через відповідні засоби картографічної символізації.

Водночас у дослідженні Bocher та Ertz [8] обґрунтовано, що навіть у межах інфраструктури INSPIRE правила portrayal визначено на базовому рівні, здебільшого як рекомендаційні кольорові таблиці без глибшого картографічного обґрунтування, що є системною проблемою для тематичних геопорталів у цілому [8]. Цей висновок безпосередньо підтверджує наявність прогалини між технічною інфраструктурою кодування кольору, яка вже стандартизована на рівні OGC/ISO, та її змістовим, предметно-орієнтованим наповненням для агрохімічного моніторингу ґрунтів.

Окремо існує поняття колірної стандартизації самого ґрунту як фізичного об'єкта та колірної легенди тематичної карти агрохімічних показників. Усталеним міжнародним інструментом є шкала Munsell Soil Color Chart, що ґрунтується на трьох координатах (Hue, Value, Chroma) і десятиліттями застосовується ґрунтознавцями для фіксації природного кольору зразків. Дослідженнями останніх років підтверджено інтеграцію цієї шкали в цифрові методи картографування кольору ґрунту на основі супутникових спектральних даних [10]. Встановлено, що система Munsell вирішує завдання об'єктивної фіксації природного кольору ґрунтового зразка і не застосовна до кодування класів агрохімічних показників (вмісту рухомого фосфору, калію, гумусу тощо).

Отже, затвердженого, узгодженого підбору кольорів для тематичного картографування агрохімічних показників ґрунту в середовищі ГІС на сьогодні не існує. Наявні джерела формують три самостійні та не взаємопов'язані компоненти: систему класів агрохімічних показників [3], технічну інфраструктуру кодування кольору без

предметного наповнення [9] та усталену, але формально незакріплену вітчизняну картографічну конвенцію. Це обґрунтовує доцільність розробки та специфікації власної, стандартизованої колірної системи, яка синтезує зазначені компоненти в межах єдиного ГІС-орієнтованого підходу.

Мета даного дослідження полягає в стандартизації візуалізації тематичних карт під час роботи з базою даних агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, атласів, тематичних карт та геопорталів.

Матеріали і методи дослідження

Стандартизація візуалізації реалізовується для виконання дослідження відповідно до договору з Міністерством освіти і науки України ДЗ / 168-2025 від 12.02.2025 «Вивчення агрохімічного стану та впливу бойових дій на землях сільськогосподарського призначення для забезпечення сталого агровиробництва (Житомирська, Київська, Сумська, Харківська, Херсонська та Чернігівська область)» на матеріалах обстежень в межах Херсонської області.

Нормативно-методичним підґрунтям для формалізації інтервалів і градацій слугувала Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення [1]. У дослідженні опрацьовано показники: кислотності та лужність ґрунтів - 10-рівнева шкала; макроелементи та органічна речовина - 4–6-рівневі шкали; рухомі форми мікроелементів за ацетатно-амонійним рН 4,8 та оксалатним рН 3,3 буферами – 6-рівневі шкали забезпеченості; важких металів, токсикантів – 6-рівневі шкали, радіонуклідів ^{137}Cs , ^{90}Sr

– 3- рівневі шкали забруднення та ГХЦГ, ДДТ – перевищення ГДК.

Для усунення суб'єктивізму словесного опису кольорів застосовано метод еталонного картографічного профілювання (Cartographic Design System). Перетворення між адитивною (sRGB, HEX), субтрактивною (CMYK / Coated FOGRA39, Pantone) та дизайнерською (HSL / HSV) колірними моделями здійснювалося з урахуванням колірного охоплення (Gamut) пристроїв відображення. Оцінку контрастності та візуальної доступності створених палітр для користувачів із порушеннями кольоросприйняття виконано відповідно до міжнародних стандартів WCAG 2.1 (Accessibility) та принципів картографічного дизайну ColorBrewer 2.0.

Картографічне моделювання, візуалізація та апробація розроблених стилів реалізовані у середовищі геоінформаційної системи QGIS (версія 3.32.1).

Для дотримання вимог нормалізації баз даних (1NF/3NF) та забезпечення часового моніторингу (Time-Series Analysis) застосовано концептуальне розмежування шару збереження даних (Data Layer) та шару їх візуального представлення (Presentation Layer / OGC SLD). Усі первинні числові значення показників зберігаються в єдиній атрибутивній таблиці разом із метаданими (метод витяжки, одиниці вимірювання, ДСТУ/НД), а їх семантичний розподіл на зони («дефіцит», «оптимальний стан», «забруднення») реалізовано на рівні класифікаторів стилів (файли .qml).

Результати дослідження та їх обговорення

Аналіз Методики [1], розробленої ДУ «Держґрунтохорона», дає змогу

встановити чітку систему групування ґрунтів за агрохімічними показниками та регламентовані кольори їх картографічного відображення. Основою візуалізації в Методиці є агрохімічні картограми, що характеризують сільськогосподарські землі за ступенем кислотності та лужності, вмістом гумусу та рівнем забезпеченості поживними речовинами.

Кількість груп та відповідних кольорів залежить від конкретного агрохімічного показника. Зокрема для оцінювання ступеня кислотності та лужності ґрунтів передбачена максимальна кількість груп - 10 – від дуже сильнокислих ($\text{pH} < 4,1$) до дуже сильнолужних ($\text{pH} > 8,5$). Для кожної групи встановлено окремий колір фарбування – від червоного до коричневого.

За вмістом гумусу ґрунти поділяють на 6 груп: дуже низький, низький, середній, підвищений, високий і дуже високий. Шість груп також передбачено для рухомих сполук фосфору й калію, рухомої сірки

Окрему увагу в Методиці приділено оцінюванню азотного режиму ґрунтів. Для його характеристики використовуються різні методичні підходи, у тому числі визначення вмісту легкогідролізованого азоту за Корнфілдом використовують поділ на чотири групи та нітрифікаційної здатності ґрунту за Кравковим – шість.

За вмістом легкогідролізованого

азоту, визначеного за методом Корнфілда, ґрунти поділяють на чотири групи: дуже низький рівень – менше 101 мг/кг ґрунту, низький – 101–150 мг/кг, середній – 151–200 мг/кг та підвищений – понад 200 мг/кг. Відповідно до прийнятої системи картографічного відображення цим рівням відповідають червоний, оранжевий, жовтий та зелений кольори. Окремі градації високого та дуже високого рівнів забезпеченості для цього методу не передбачені.

Для оцінювання нітрифікаційної здатності ґрунту за методом Кравкова використовується шестигрупова шкала. Дуже низькою вважається нітрифікаційна здатність за вмісту азоту менше 5,0 мг/кг ґрунту, низькою – 5,1–8,0 мг/кг, середньою – 8,1–15,0 мг/кг, підвищеною – 15,1–30,0 мг/кг, високою – 30,1–60,0 мг/кг, дуже високою – понад 60,0 мг/кг. Для картографічного відображення цих градацій застосовують відповідно червоний, оранжевий, жовтий, зелений, голубий та синій кольори (Таблиця 1).

Для мікроелементів, зокрема Mn, Zn, Cu, Co, B та Mo також передбачено шість груп забезпеченості – від дуже низької до дуже високої. Для цих показників застосовується шестиколірна градація: червоний, оранжевий, жовтий, зелений, голубий і синій. Водночас підхід до оцінювання їх вмісту як важких металів відрізняється.

1. Класи забезпеченості ґрунтів агрохімічними елементами для 6-ти груп

Група	Значення вмісту	Колір у методиці	Роль кольору (сприйняття)
I група	дуже низький	червоний	сигнал тривоги /дефіцит
II група	низький	оранжевий	попередження / потребує внесення
III група	середній	жовтий	помірний
IV група	підвищений	зелений	оптимальний / нормальний стан
V група	високий	голубий	добре забезпечений
VI група	дуже високий	синій	надлишок / специфічний стан

няється від системи оцінювання за-безпеченості елементами живлення. Для них враховують фоновий вміст, що відповідає верхній межі забезпеченості та шість рівнів забруднення: слабе, помірне, середнє, підвищене, високе та дуже високе.

Окремий принцип картографічного відображення застосовується і для характеристики радіоактивного забруднення ґрунтів. Для щільності забруднення радіонуклідами ^{137}Cs та ^{90}Sr використовують окремі діапазони та кольорові градації, що дають змогу візуально виділити території з різним рівнем радіоактивного навантаження.

Головна проблема цієї Методики для веб-ГІС та Геопорталів як і більшості українських нормативно-методичних документів, - відсутність типової картографічної стандартизації. У тексті присутній словесний опис кольорів замість цифрових кодів («червоний», «оранжевий», «жовто-зелений», «синій»). У додатках наведено графічні зразки картограм для друку, але жодного цифрового коду кольору не зафіксовано. Відсутність точних кодів за стандартами HEX / RGB / CMYK на практиці користуючись Методикою кожен користувач підбирає «зелений» чи «жовтий» на власний розсуд у QGIS чи ArcGIS. У результаті картограма фосфору від одного виконавця виглядатиме яскраво-неоновою, а від іншого - тьмяною або з іншими відтінками.

Щоб перевести цю методику у єдиний цифровий стандарт для геопорталів (RGB/HEX) та друку агрохімічних паспортів (CMYK), необхідно зафіксувати еталонну матрицю.

Така подвійність інтерпретації одних і тих самих елементів залежно від завдання оцінювання – як показників забезпеченості рослин елементами

живлення або як показників забруднення ґрунту – створює потенційну проблему під час їх відображення у цифрових базах геоданих, геоінформаційних системах та геопорталах. Щоб стандартизувати картографічне представлення цих показників та уникнути змішування близьких за кольоровим сприйняттям класів, пропонується розробити єдиний класифікатор стилів картографічного відображення агрохімічних та еколого-токсикологічних показників ґрунтів.

База геоданих розробляється для вирішення конкретних управлінських і виробничих завдань. Для агронома чи фермера важливим є визначення забезпеченості ґрунту елементами живлення та обґрунтування потреби у застосуванні мікродобрих. Для органів екологічного контролю, моніторингу та установ, що приймають управлінські рішення щодо екологічної безпеки земель, пріоритетною є протилежна характеристика – виявлення територій із надлишковим вмістом потенційно небезпечних елементів. У цьому випадку в єдиному класифікаторі стилів доцільно використати окрему, візуально відмінну акцентуючу увагу кольорову шкалу, наприклад із переходом до пурпурових та фіолетових тонів для високих рівнів забруднення та перевищення нормативних значень. Це дозволить уникнути ситуації, коли один і той самий колір у різних тематичних шарах означає принципово різні процеси – дефіцит елемента або його надлишковий, екологічно небезпечний вміст. Темні та насичені кольори не плутатимуться з червоним кольором дефіциту, але візуально створюватимуть відчуття важкості та токсичного навантаження на ґрунт. Водночас перевищення ГДК доцільно виділяти не просто як черговий рівень градаційної

шкали, а як окрему нормативно значущу категорію. Методика передбачає, що рівень забруднення оцінюють шляхом порівняння фактичної концентрації елемента з ГДК, а за відсутності такого нормативу – з природним фоновим значенням. У разі перевищення ГДК Методика передбачає відповідні обмеження щодо сільськогосподарського використання земель.

На рівні картографічної візуалізації, зокрема в структурі геопорталів, доцільно передбачити щонайменше два окремі тематичні режими або вкладки. Вкладка агрохімічного стану забезпеченості живлення рослин використовуватиме шестиколірну шкалу, встановлену Методикою, – від червоного для дуже низької забезпеченості до синього для дуже високої. Вкладка екологічного стану забруднення відображатиме фоновий стан та шість рівнів забруднення за окремою контрастною шкалою, візуально відмінною від шкали забезпеченості поживними речовинами. При цьому перевищення ГДК доцільно додатково позначати спеціальним кольором, штрихуванням або сигнальним символом, незалежно від номера класу забруднення. Такий підхід дасть змогу однозначно інтерпретувати один і той самий хімічний елемент залежно від цільового завдання геоінформаційного аналізу: як ресурс мінерального живлення рослин або як потенційний чинник екологічного ризику.

Однотимчасне розмежування семантики показників і стилів їх відображення є важливою передумовою стандартизації агрохімічних геоданих та їх коректного використання у спеціалізованих геопорталах. Розділяти первинні фізичні дані в різні атрибутивні таблиці суперечить нормалізації баз даних (1NF/3NF), порушує цілісність геода-

них та ускладнює часовий моніторинг (Time-Series Analysis). Всі виміряні абсолютні значення (наприклад, вміст міді в мг/кг за ААБ) мають зберігатися в єдиному атрибутивному полі.

Забезпечення цілісності та інтерпретації геопросторових даних вимагає концептуального розмежування шару збереження даних (Data Layer) та шару їх візуального представлення (Presentation Layer / Styles). Такий підхід відповідає загальній логіці геоінформаційних систем, за якої вихідні просторові й атрибутивні дані зберігаються незалежно від правил їх картографічного оформлення; зокрема, стандарт OGC SLD передбачає окреме визначення правил символізації та кольорового відображення геопросторових даних.

Щоб усунути це дублювання та створити інтуїтивно зрозумілу картограму, доцільно розділити колірний простір на три логічні зони. Перша зона відображатиме дефіцит елементів живлення, друга – оптимальну або прийнятну забезпеченість, третя – надлишковий вміст та рівні забруднення. Перехід між класами доцільно передавати не лише зміною колірної тону (Hue), але й зміною світлоти та насиченості (Lightness/Value і Chroma), що дозволить візуально посилювати ступінь відхилення від оптимального стану (Таблиця 2).

Візуальне представлення запропонованої класифікації наведено на Рисунку 1. При цьому доцільно говорити не просто про зберігання всіх виміряних показників в одній таблиці атрибутів, а про формування єдиної структурованої бази даних, у якій разом із числовим значенням зберігаються ідентифікатор показника, одиниці вимірювання, метод визначення, тип витяжки та інші необхідні мета-

2. Класифікатор стилів картографічного відображення агрохімічних та еколого-токсикологічних показників ґрунтів

Група	Назва за методикою	Колірне відображення	HEX (Веб)	RGB (Екран)	CMYK (Друк FOGRA39)
Рівень забезпеченості					
1	червоний		#ff5656	255, 86, 86	0, 66, 100, 80
2	рожевий		#ffd1dc	255, 209, 220	345, 18, 100, 100
3	оранжевий		#ffd6a5ff	255, 214, 165	32, 35, 100, 100
4	жовтий		#fdffb6	253, 255, 182	61, 29, 100, 100
5	світло-зелений		#e2f0cb	226, 240, 203	82, 15, 94, 93
6	зелений		#caffbf	202, 255, 191	109, 25, 100, 100
7	голубий		#9bf6ff	155, 246, 255	185, 39, 100, 100
8	синій		#a0c4ff	160, 196, 255	217, 37, 100, 100
9	фіолетовий		#bdb2ff	189, 178, 255	248, 30, 100, 100
10	коричневий		#d4a373	212, 163, 115	29, 46, 83, 100
фон	штриховка 45°		#afafaf	175, 175, 175	330, 0, 69, 100
Рівень забруднення					
1	середній		#e0bbe4	224, 187, 228	294, 18, 89, 100
2	слабкий		#d291bc	210, 145, 188	320, 31, 82, 100
3	помірний		#338384	51, 131, 132	180, 61, 52, 85
4	підвищений		#948079	148, 128, 121	15, 18, 58, 100
5	високий		#1a247c	26, 36, 124	233, 79, 49, 75
6	дуже високий		#37474f	55, 71, 79	200, 30, 31, 60

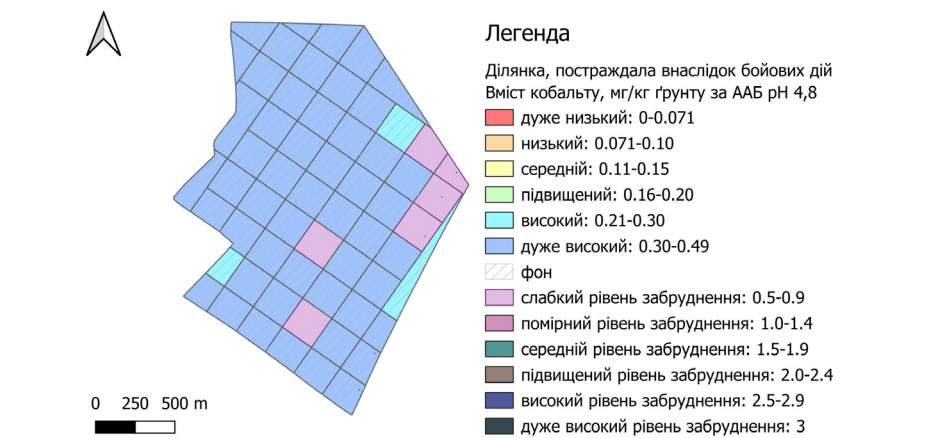


Рис. 1. Застосування запропонованого класифікатора стилів картографічного відображення агрохімічних та еколого-токсикологічних показників ґрунтів)

дані. Це особливо важливо для мікро-елементів, оскільки їх агрономічна та еколого-токсикологічна оцінка може здійснюватися за різними методами вилучення. Наприклад, у таблиці 5.16 Методики для Mn, Zn, Cu та Co використовується ацетатно-амонійний буферний розчин з pH 4,8, для Mo – оксалатно-буферний розчин з pH 3,3, а для В – вода; водночас у додатку 6 передбачено оцінювання елементів-забруднювачів як у витяжці 1 н розчину HCl, так і в ацетатно-амонійному буферному розчині з pH 4,8.

Тому формування єдиного наскрізного числового ряду «дефіцит - оптимальна забезпеченість - забруднення» можливе лише для тих показників, які визначені за зіставним методом і в однакових одиницях вимірювання. В інших випадках у базі даних мають зберігатися окремі показники, а їх семантичне об'єднання здійснюватися вже на рівні класифікатора та картографічного представлення.

При цьому необхідно врахувати, що фіолетовий уже використовується в Методиці для сильнолужних ґрунтів, тому для екологічного блоку варто застосовувати не той самий чистий фіолетовий тон, а спеціально підібрану темну пурпурово-бордову палітру з іншими параметрами яскравості та насиченості. Такий підхід дасть змогу мінімізувати візуальне змішування тематичних шарів і сформувати стійку семантику кольорів: червоно-оранжеві тони – дефіцит; зелені – прийнятний або оптимальний стан; темні тони – надлишок і потенційне токсичне навантаження.

Висновки і перспективи

Система візуалізації агрохімічних показників у Методиці агрохімічної

паспортизації земель сільськогосподарського призначення побудована за принципом дискретної градації кольорової шкали, за якою кожному визначеному інтервалу значень показника або групі забезпеченості відповідає окремий колір. Кількість таких груп не є сталою для всіх показників і залежить від особливостей конкретного агрохімічного параметра та методу визначення. Тому при розробленні цифрових агрохімічних карт і систем картографічної візуалізації доцільно зберігати встановлені Методикою діапазони групувань та відповідність між числовими діапазонами показників і кольорами їх відображення.

Запропонований єдиний класифікатор стилів картографічного відображення агрохімічних та еколого-токсикологічних показників ґрунтів теплі кольори – червоний та оранжевий – сигналізуватимуть про дефіцит елемента живлення; зелена гама – від світло- до темно-зелений – відображатиме оптимальний або безпечний рівень та фонові значення відповідно до типу показника; темно-бордові, сливові та глибокі пурпурово-фіолетові відтінки використовуватимуться для позначення підвищеного вмісту та різних рівнів забруднення. Завдяки більшій насиченості й темнішій тональності вони формуватимуть візуально відмінну «тривожну» зону, що не змішуватиметься з червоно-оранжевою гамою дефіциту. Таким чином, користувач отримуватиме єдину логіку інтерпретації картограми: теплі яскраві відтінки – дефіцит, зелені – оптимальний або фоновий стан, темні пурпурово-бордові – надлишковий вміст і забруднення. Для однозначного трактування кольорів така система має супроводжуватися легендою із

зазначенням класів, числових меж та одиниць вимірювання.

Запропонована система не змінює первинних числових даних і нормативних меж, а стандартизує лише їх картографічне представлення. Це дозволяє одному й тому самому набору геоданих застосовувати різні стилі залежно від завдання користувача – агрономічного, екологічного або управлінського. Такий підхід забезпечить ефективну роботу та цілісність геоданих, оскільки всі результати моніторингових вимірювань зберігатимуться в єдиній структурованій таблиці атрибутів бази даних. Вихідні числові значення залишатимуться незмінними, а їх класифікація та кольорове представлення визначатимуться окремо на рівні стилів візуалізації.

Список використаної літератури

1. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення : керівний нормативний документ / за ред. І. П. Яцука, С. А. Балюка. – 2-ге вид., допов. – Київ, 2019. – 108 с.
2. ДСТУ 7849:2015 Якість ґрунту. Дистанційне зондування ґрунтів. Картографування ґрунтового покриття методом багатоспектрального сканування. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62731
3. ДСТУ 4362:2004 Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67099
4. ДСТУ 3866-99 ґрунти. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58934
5. ДСТУ 7827:2015 Якість ґрунту. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної засоленості. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62382](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62382)

6. Господаренко Г. М. Агрохімічні картограми. Велика українська енциклопедія. URL: https://vue.gov.ua/Агрохімічні_картограми
7. INSPIRE Data Specification on Soil – Technical Guidelines. 2024. URL: https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/publications/inspire-data-specification-soil-technical-guidelines_en
8. Bocher E, Ertz O. A redesign of OGC Symbology Encoding standard for sharing cartography. PeerJ Computer Science. 2018. 4:e143 <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.143>
9. ISO 19144-2: Land Cover Meta Language (LCML) URL: <https://www.fao.org/geospatial/data-and-tools/international-standards/en>
10. Yang Lu, Xiang Wang, Mingchang Wang, Bingxue Zhu, Miao Zheng, Sijia Li, Kaishan Song, Soil color mapping based on Munsell system in the northeast of China, Geoderma, Volume 439, 2023, 116669, ISSN 0016-7061, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116669>.

References

1. Yatsuk, I. P., & Balyuk, S. A. (Eds.). (2019). Metodyka provedennia agrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia: kerivnyi normatyvnyi dokument [Methodology of agrochemical soil passportization of agricultural land: guiding normative document] (2nd ed.). State Enterprise "State Soil Protection Service".
2. State Standard of Ukraine. (2016). Yakist hruntu. Dystantsine zonduvannya hruntiv. Kartohrafuvannya hruntovoho pokryvu metodom bahatospektralnoho skanuvannya [Soil quality. Remote sensing of soils. Soil cover mapping by multispectral scanning method] (DSTU 7849:2015). UkrNDNTs. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62731

3. State Standard of Ukraine. (2005). Yakist hruntu. Pokaznyky rodyuchosti hruntiv [Soil quality. Soil fertility indices] (DSTU 4362:2004). Derzhspozhyvstandart Ukrainy. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67099
4. State Standard of Ukraine. (1999). Hrunty. Klasyfikatsiya hruntiv za stupenem vtorynnoyi solontsuvatosti [Soils. Classification of soils by degree of secondary solonetzicity] (DSTU 3866-99). Derzhstandart Ukrainy. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58934
5. State Standard of Ukraine. (2016). Yakist hruntu. Klasyfikatsiya hruntiv za stupenem vtorynnoyi zasolenosti [Soil quality. Classification of soils by degree of secondary salinity] (DSTU 7827:2015). UkrNDNTs. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62382
6. Hospodarenko, H. M. (n.d.). Agrokhimichni kartohramy [Agrochemical cartograms]. Great Ukrainian Encyclopedia. Available at: https://vue.gov.ua/Ahrokhimichni_kartohramy
7. European Commission. (2024). INSPIRE Data Specification on Soil – Technical Guidelines. Joint Research Centre. Available at: https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/publications/inspire-data-specification-soil-technical-guidelines_en
8. Bocher, E., & Ertz, O. (2018). A redesign of OGC Symbology Encoding standard for sharing cartography. *PeerJ Computer Science*, 4, Article e143. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.143>
9. International Organization for Standardization. (2012). Geographic information — Classification systems — Part 2: Land Cover Meta Language (LCML) (ISO Standard No. 19144-2:2012). Food and Agriculture Organization. Available at: <https://www.fao.org/geospatial/data-and-tools/international-standards/en>
10. Lu, Y., Wang, X., Wang, M., Zhu, B., Zheng, M., Li, S., & Song, K. (2023). Soil color mapping based on Munsell system in the northeast of China. *Geoderma*, 439, Article 116669. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116669>

Zaiachkivska B., Palamarchuk R., Hryshchenko O., Zavodiana M., Melnychuk O.
STANDARDIZATION OF COLOR VISUALIZATION FOR GEOSPATIAL DATA IN
AGROCHEMICAL LAND PASSPORTIZATION

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 159-171.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.11>

Abstract. The article considers the problem of standardizing the color visualization of geospatial data during the management of agrochemical land passportization databases for agricultural purpose, the development of thematic maps, electronic atlases, and the operation of geoportals. Discrepancies between traditional subtractive print color models (CMYK, Pantone) and digital additive display models (RGB, HEX), as well as design models (HSL/HSV), were analyzed. The necessity of transitioning from verbal color descriptions in regulatory documents to the creation of technical specifications and reference color matrices (Cartographic Design System) with dual encoding (sRGB for web services and Coated FOGRA39 for printing) is substantiated. This approach prevents oversaturated shades, reduces visual fatigue, and ensures compliance with contrast and accessibility standards (WCAG 2.1). In accordance with the approved "Methodology for Agrochemical Land Passportization", 6-level spectral scales of soil nutrient availability and 6-level spectral scales of soil contamination have been formalized.

Keywords: visualization standardization, geodatabase, agrochemical monitoring, reference color matrix, color spaces (RGB/CMYK/HEX), geoportal, QGIS Atlas, PyQGIS, mapping automation, style files (.qml), Cartographic Design System.