

УДК 631.45; 641.47

**ІНДИКАТОРИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ БЕЗПЕКИ ВИКОРИСТАННЯ
ЗЕМЕЛЬ ТА ОЦІНКА РОЗВИТКУ ДЕГРАДАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ
ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ
МОДЕЛЕЙ**

В.А. Богданець, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри
геодезії та картографії, Національний університет біоресурсів і
природокористування України,

E-mail: v_bogdanets@nubip.edu.ua

В.Г. Носенко, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри
грунтознавства та охорони ґрунтів ім.проф. М.К. Шикuli, Національний
університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: nosenko416@ukr.net

***Анотація.** У статті описано окремі з прийнятих ООН індикаторів сталого розвитку безпеки використання земель, пов'язаних із розвитком деградаційних процесів ґрунтів, розглянуто підходи до оцінювання розвитку деградацій ґрунтів з використанням інструментів математичного моделювання, а саме геоінформаційних моделей. Індикатор 15.3.1 цілей сталого розвитку відображає відношення площі деградованих земель до загальної площі земель оцінюваної території, а деградація за таких умов розглядається як інтегральний показник таких параметрів, як продуктивність земель, вміст органічної речовини ґрунту та тип використання земель. Встановлено, що при застосуванні даних дистанційного зондування, отриманих із відкритих джерел, які служать основою для розрахунку індексів деградацій земель для території Київської області, інструментом Trends.Earth, що використовується через інтерфейс геоінформаційної системи QGIS, можливо встановити такі зміни на рівні адміністративної області (масштаб карти 1:100000) та провести просторово-часовий аналіз таких змін. При цьому складно забезпечити вищу просторову точність, яка дозволила би провести аналіз на рівні окремого*

підприємства чи господарства. Це зумовлено особливостями даних, які служать основою для такого розрахунку.

Ключові слова: *цілі сталого розвитку, деградація ґрунтів, індикатори використання земель, геоінформаційні моделі, дані дистанційного зондування.*

Актуальність. Конвенцією по боротьбі з опустелюванням при Організації Об'єднаних Націй (UNCCD — United Nations Convention to Combat Desertification) запроваджено систему індикаторів (UNCCD, 2021), які дозволяють у глобальному масштабі оцінити стан сільськогосподарських земель та ризики розвитку деградаційних процесів унаслідок їх використання. Завдяки цьому можна провести просторово-часовий аналіз змін ґрунтового покриття, зокрема, змін вмісту органічного вуглецю, продуктивності ґрунту, змін у типі використання земель (рілля, лісовкриті площі, пасовища, водно-болотні угіддя, забудовані ділянки, водні поверхні тощо) як на глобальному рівні, так і для певної території (групи країн, країни чи її адміністративної одиниці).

Оскільки Україна приєдналася до Цільової програми із запобігання деградації земель ООН (Land Degradation Neutrality Target Setting Programme), то проведення такого аналізу на національному та локальних рівнях є бажаним і необхідним.

Мета дослідження — установити локалізацію процесів деградації земель Київської області за індикатором 15.3.1 цілей сталого розвитку засобами модулю Trends.Earth у програмі QGIS, за період 2000-2019рр. (останні дані на момент написання статті), визначити основні причини та переважаючі напрями змін значення індикатора за даний проміжок часу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У розвиненому світі розроблення системи інтегральної оцінки стану земель та динаміки змін ґрунтового покриття давно привертає увагу науковців особливо у зв'язку із викликами останніх десятиліть, що пов'язані із глобальними змінами клімату та проблемою забезпечення продовольством населення планети (2030 Agenda for Sustainable Development, 2015). Показники такої оцінки найчастіше

представлені індикаторами, які враховують комплекс широкого діапазону факторів і дозволяють проводити кількісний облік із відображенням тенденцій змін у випадку різних сценаріїв розвитку (Котикова О.І., 2017; Мар'янович М.Е., 2019; Ягодзінська А.С., 2020). Ряд авторів (Wessels K.J. et al., 2007; Prince, S.D., 2019; Федоров, О.П. та ін., 2019) розглядають дані дистанційного зондування Землі як надійне джерело оперативної інформації щодо окремих показників деградації ґрунтового покриву, зокрема і унаслідок процесів ерозії, забруднення, порушення родючого шару ґрунту, дегуміфікації тощо (Балюк С.А., Медведєв В.В., Захарова М.А., 2013; Коваленко А.О., 2018). Важливою в Україні публікацією такого напрямку є праця колективу авторів із Інституту Космічних досліджень НАН України (Федоров, О.П. та ін., 2019). Зокрема, ці автори зазначають: "...очікується, що уряди країн світу сформулюють на основі цілей сталого розвитку національні плани та ініціативи відповідно до наявних можливостей, а цілі, завдання та індикатори глобального рівня будуть адаптовані відповідно до пріоритетів розвитку та безпеки країн." Так, у Національній програмі досягнення цілей сталого розвитку сформульовано ціль 15, завдання 15.3: "Відновити деградовані землі та ґрунти з використанням інноваційних технологій": у той же час, як зазначають автори, в нормативних документах кількісні характеристики рівня деградації земель відсутні як і поняття "нейтральний рівень деградації земель" (Федоров, О.П. та ін., 2019).

Обраний підхід дозволяє провести комплексне оцінювання змін ґрунтового покриву та визначити як напрямок досліджуваних процесів (деградація чи покращення стану), так і відобразити відповідні просторово-часові зміни ґрунтового покриву картографічно засобами геоінформаційних систем. У рамках "Порядку денного сталого розвитку на 2030 рік" ціль сталого розвитку (ЦСР) №15 полягає у: "Захищати, відновлювати та сприяти сталому використанню наземних екосистем, стійкому управлінню лісами, боротьбі з опустелюванням, зупинці та зворотній деградації земель та зупиненню втрати біорізноманіття". Завдання 15.3 має на меті: "До 2030 року боротися з опустелюванням, відновлювати деградовані землі та ґрунти, включаючи землі,

що постраждали від опустелювання, посухи та повені, та прагнути досягти нейтрального рівня деградації земель”. (FAO, 2018; Knowledge Products and Pillars. UNCCD, 2021; Trends.Earth. SDG indicator 15.3.1. description, 2021). Серед розроблених цією організацією індикаторів особливої уваги для цілей наших досліджень заслуговує Індикатор 15.3.1., який відображає частку земель, що деградують, до загальної площі земель. Середній показник по Україні складає 25% (Land Portal Interactive map, 2021).

Матеріали та методи досліджень. Конвенція ООН із боротьби з опустелюванням (UNCCD, 1994) визначає деградацію земель як *"зменшення або втрату біологічної чи економічної продуктивності культур, вирощуваних без зрошення або на зрошуваних земельних ділянках, пасовищ, лісів та лісових масивів, що виникають в результаті поєднання несприятливих факторів, включаючи особливості практик використання земель та управління ними"* (UNCCD 1994, стаття 1). Згідно з цим визначенням, ступінь деградації земель для подання звітності за Індикатором 15.3.1 обчислюється як бінарне (погіршене / не погіршене) кількісне визначення з використанням його трьох субпоказників (рис. 1), а саме:

- тенденції зміни типу земельного покриття;
- тенденції зміни продуктивності земель,
- тенденції зміни запасів органічного вуглецю в ґрунті.

Власне, при розрахунку індикатора будь-яке суттєве зменшення або негативна зміна одного з трьох субпоказників вважається деградацією земель. Позитивна зміна показника оцінюється як покращення стану земель.

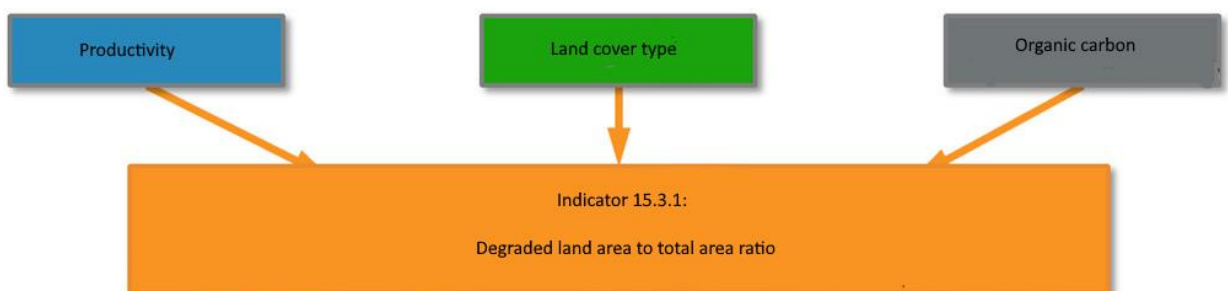


Рис. 1 Фактори, що враховуються при розрахунку індикатора 15.3.1. (за UNCCD, 2021)

Показник дозволяє окремим країнам кількісно та якісно оцінити ступінь деградації земель. Ця оцінка корисна не тільки для національної звітності до комісій ООН та звітності за показником 15.3.1, але також і для відстеження прогресу у напрямку до добровільних цілей нейтралітету з деградації земель (Land Degradation Neutrality) та для розробки планів дій щодо подолання деградації, у тому числі шляхом збереження, сталого управління, рекультивації, відновлення та охорони земельних ресурсів (Trends.Earth. SDG indicator 15.3.1. description, 2021).

Конвенція ООН із боротьби з опустелюванням (UNCCD) є установою-зберігачем Індикатору цілей сталого розвитку 15.3.1. Інформація про цей показник регулярно збирається цією установою через національний процес звітування та перегляду з 2018 року, кожні чотири роки. Ці дані доступні на сайті організації unccd.int. Конвенція ООН із боротьби з опустелюванням (UNCCD) також є тим відомством, що керує міжвідомчою консультативною групою для подальшого вдосконалення методології та інструментів / варіантів даних індексу 15.3.1, до складу якої входить ключовий партнер ФАО, а також Програма ООН з довкілля (UNEP) та Відділ статистики ООН (UNSD).

Методологія обґрунтування і розрахунку для трьох субіндикаторів є добре встановленою та визнаною в науковій літературі (Wessels, K.J. et al., 2007, 2012; Котикова О.І., 2017; Prince S.D., 2019) та в багатосторонніх міжнародних угодах щодо основних змінних клімату та біорізноманіття (UNCCD, 1994; ФАО, 2018).

У деяких країнах дані про земельний покрив збирає державна служба статистики, для багатьох інших дані про земельний покрив поширюються між різними галузями (сільське господарство, охорона природи, лісове господарство тощо) та пов'язані з ними відомства або міністерства. Багато національних космічних агентств мають відповідні засоби дистанційного дослідження типів вкриття земної поверхні. Що стосується продуктивності земель та запасів органічного вуглецю ґрунту, то збір даних проводять як правило на місці спеціалізовані установи на національному, регіональному та глобальному рівнях.

Програма QGIS, яку один з авторів статті використовує з 2008 року для науково-дослідних робіт, є відкритою геоінформаційною системою із великим діапазоном модулів, які суттєво розширюють її функціонал, що дозволяє не поступатися по багатьом параметрам зокрема комерційній розробці ArcGIS компанії ESRI та іншим. Алгоритми геоінформаційної системи QGIS дозволяють проводити моделювання просторово-часових змін та відображати картографічні моделі досліджуваних процесів природних ресурсів, зокрема, ґрунтів (Bogdanets, 2019).

Модуль Trends.Earth дозволяє користувачеві обчислювати кожен з цих субіндикаторів просторово, генеруючи растрові карти, які потім інтегрують у остаточну карту показників *SDG 15.3.1* і створюють табличні масиви звіту про результати, потенційно покращені та погіршені за цим показником ділянки досліджуваної території. Як агенція-зберігач Індикатора цілей сталого розвитку 15.3, Конвенція ООН з боротьби з опустелюванням розробила (UNCCD) Керівництво з належної практики надання рекомендацій щодо розрахунку Індикатора 15.3.1. Цей документ містить короткий вступ до Індикатора 15.3.1 та описує, як кожен показник обчислюється засобами інструменту Trends.Earth. У Trends.Earth використовують дані, що публікуються раз на два тижні від ресурсів дистанційного зондування MODIS та AVHRR, для обчислення річних вегетаційних індексів NDVI (обчислюваних як середній річний NDVI для простоти інтерпретації результатів). Потім ці річні NDVI використовуються для обчислення відповідних показників продуктивності. Продуктивність земель оцінюється в Trends.Earth за допомогою трьох показників, отриманих на основі даних часових рядів NDVI: траєкторія, ефективність та стан. Траєкторія продуктивності вимірює швидкість зміни первинної продуктивності в часі. Позитивні статистично значущі тенденції щодо NDVI позначатимуть потенційне поліпшення стану земель, а негативні значущі тенденції вказуватимуть на деградацію.

У межах конкретної екосистеми на первинну продуктивність впливає кілька факторів, таких як температура, а також доступність сонячної радіації,

поживних речовин та вологи. Серед них доступність вологи є найбільш мінливою в часі і може мати дуже значний вплив на кількість рослинної біомаси, що виробляється щороку. У випадку, коли для аналізу використовують річні дані NDVI, важливо інтерпретувати результати, що містять архівну інформацію про опади. В іншому випадку тенденції до зниження продуктивності можна помилково інтерпретувати як деградацію земель, спричинену антропогенно, у той час коли насправді вони зумовлені регіональними особливостями змін у доступності вологи.

Trends.Earth дозволяє користувачеві проводити різні типи аналізу, щоб відокремити кліматичні причини змін первинної продуктивності від тих, які можуть бути наслідком прийнятих людиною рішень у сфері використання земель на місцях. Показник продуктивності вимірює локально продуктивність щодо інших подібних типів рослинності на подібних типах ґрунтового покриття або біокліматичних регіонах всієї досліджуваної території. У моделі використовують комбінацію одиниць таксономії ґрунтів (із використанням американської системи USDA, наданих SoilGrids з роздільною здатністю 250м) та типів земельного покриття (37 класів ґрунтового покриття з роздільною здатністю 300 м), для визначення цих областей у процесі аналізу (Trends.Earth documentation, 2021). Для оцінки змін у ґрунтовому покритті користувачам потрібні карти ґрунтового покриття, що охоплюють досліджувану область для базового та цільового років. Ці карти повинні бути прийнятними за точністю і створюватися таким чином, щоб можна було проводити достовірне порівняння. Trends.Earth використовує карти типів покриття Європейської космічної агенції ESA як набір даних за замовчуванням, але також можна використовувати локальні карти з інших джерел. Інтеграція трьох субіндикаторів індикатора цілей сталого розвитку 15.3.1 здійснюється відповідно до правила виключення, це означає, що якщо область була визначена як потенційно деградована за будь-яким із субіндикаторів, тоді ця область буде розглядатися як така, що потенційно погіршується за показником індикатора 15.3.1. (Trends.Earth documentation, 2021).

Результати і обговорення. Для оцінювання індикатора деградацій ґрунтів нами було обрано період, де базовий рік - 2001, а рік порівняння - 2019, що достатньо відображає динаміку використання земель за цей період у ринкових умовах та дозволяє оцінити вплив різних факторів на стан ґрунтового покриву за цим інтегральним показником. При роботі з модулем Trend.Earth було обрано територію у адміністративних межах Київської області. У результаті оброблення даних на досліджувану територію модулем Trend.Earth було отримано дані щодо стану використання земель (типів покриву), вмісту органічної речовини ґрунту та показників продуктивності земель за методикою, описаною вище (Trends.Earth documentation, 2021). Ці дані були завантажені у середовище геоінформаційної системи QGIS для подальшого аналізу. Особливої уваги заслуговує набір даних, що відображає тенденцію змін за індикатором 15.3.1.

Як видно із розробленої нами карти (рис.2), за досліджуваний період на території Київської області переважають деградаційні процеси, вони зумовлені різними факторами, зокрема, інтенсивним сільськогосподарським використанням земель із розорюванням та втратою органічної речовини ґрунту та деградаціями унаслідок ерозії ґрунтів, насамперед водної. У той же час, більша частина земель (понад 66%) не зазнала позитивних чи негативних змін за досліджуваний період. Відповідно до методики розрахунку показника (Trends.Earth documentation, 2021)., враховано сукупну дію факторів використання земель, вмісту органічного вуглецю ґрунту та продуктивності посівів на досліджуваній території.

Позитивні зміни індикатора деградації земель (відображено на рис. 2 зеленим кольором) свідчать переважно про зменшення сільськогосподарського використання цих земель, у той же час, вміст органічного вуглецю ґрунту за даними аналізу досліджуваної території демонстрував переважно негативну динаміку (рис. 3).

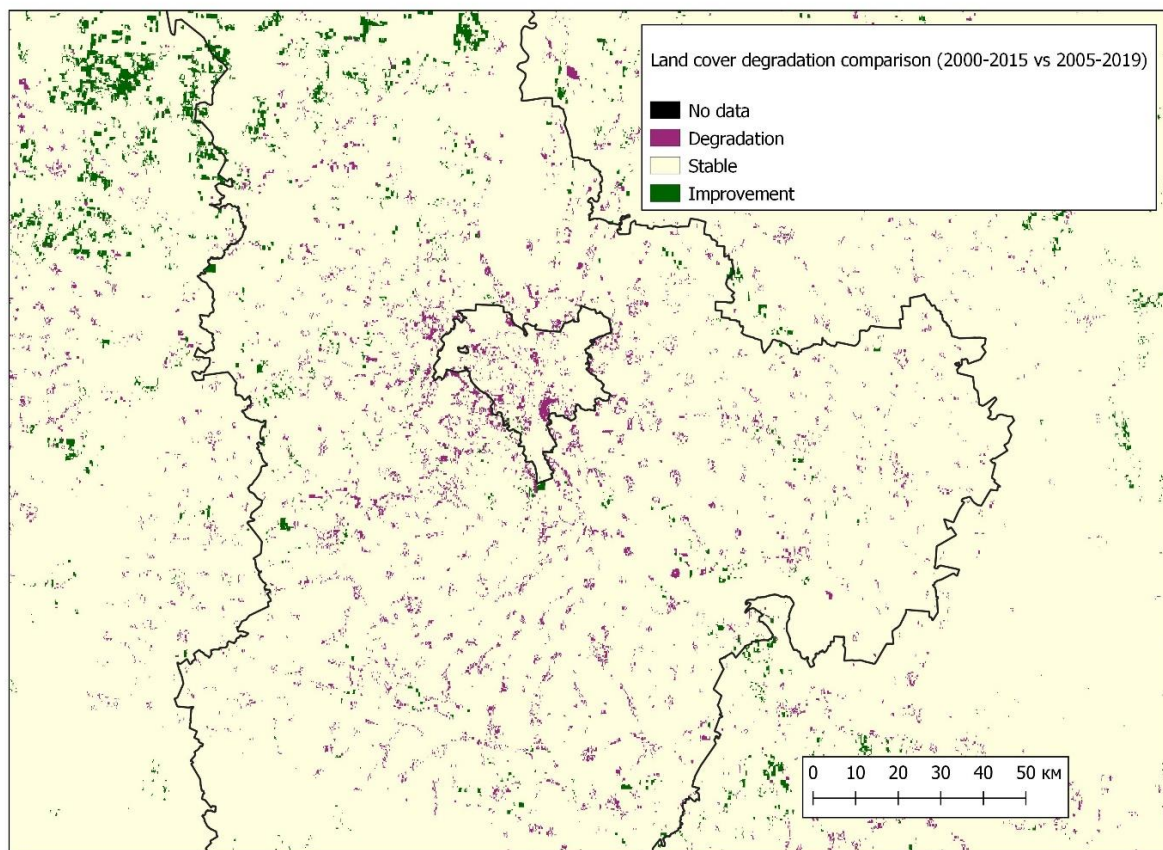


Рис. 2. Карта (фрагмент) результатів аналізу даних щодо деградацій ґрунтового покриву модулем Trends. Earth, за період 2001-2018рр.

За нашими оцінками, при перевірці окремих ділянок із підвищеним значенням індикатора деградації земель за різночасовими даними дистанційного зондування, це найчастіше сільськогосподарські угіддя, які активно використовуються. Для використання індикатора 15.3.1 у конкретних природно-кліматичних умовах необхідно враховувати місцеві практики, особливості та традиції ведення сільського господарства, які будуть істотно відмінними, скажімо, в Україні та Бразилії. На жаль, у можливостях застосування цього індикатора для характеристики окремого господарства чи підприємства існує обмеження, спричинене особливостями даних, які служать основою для такого розрахунку (роздільна здатність 250-300м).

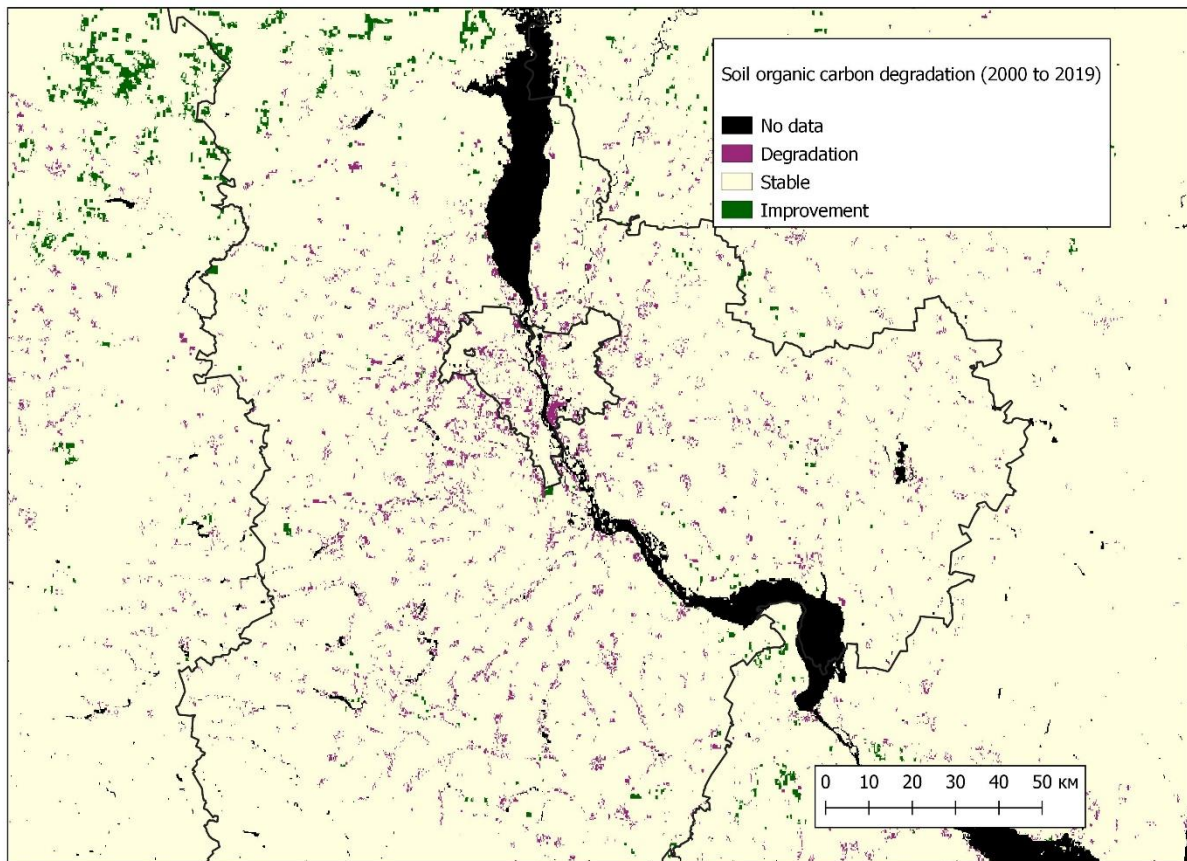


Рис. 3. Карта (фрагмент) результатів аналізу даних щодо органічного вуглецю ґрунту модулем Trends. Earth за період 2000-2019 рр.

У той же час, для розрахунку індикатора деградацій земель інструментом Trends.Earth можливо встановити такі зміни на рівні як країни загалом, так і окремої адміністративної області (масштаб карти 1:1000000) та провести просторово-часовий аналіз таких змін. Тому на нашу думку, даний інструмент становить значний інтерес для науковців та практиків для цілей кількісної оцінки таких змін у визначеній адміністративній одиниці.

Висновки. При деякій умовності такого підходу, індикатор дозволяє відобразити у просторі карти дані зміни стану земель, втрати органічного вуглецю ґрунту за даними дистанційного зондування та характер деградацій ґрунтів за обраний часовий інтервал. У зоні Лісостепу України переважаючим типом використання земель є ведення сільськогосподарської діяльності із розорюванням земель. Частина господарств практикує мінімізацію обробітку ґрунту, що, зокрема, має позначитися і на величині індикатора деградації земель. У зв'язку із складними економічними умовами, частина земель за період 2001-

2019рр. не використовувалася у сільськогосподарському виробництві, окремі поля заростали деревною рослинністю та не перебували в активному обробітку, що мало відображення у показниках індикатора 15.3.1. У той же час, більша частина земель (понад 66%) не зазнала позитивних чи негативних змін за досліджуваний період. При застосуванні даних дистанційного зондування, які служать основою для розрахунку індексів деградацій земель інструментом Trends.Earth можливо встановити такі зміни на рівні адміністративної області (масштаб карти 1:1000000) та провести просторово-часовий аналіз таких змін. При цьому складно забезпечити вищу просторову точність, на рівні окремої територіальної громади чи господарства, що зумовлено особливостями даних, які служать основою для такого розрахунку. Використання індикаторних показників стану ґрунтів, моніторингу розвитку деградаційних процесів за оперативними даними та можливість їх порівняння для різних часових проміжків відіграє особливо вагомую роль у контексті впливу глобальних змін клімату на ґрунтовий покрив, перспективи сільськогосподарського виробництва і в загальному на якість життя людей.

Список використаних джерел

1. Балюк, С. А., Медведєв, В. В., Захарова, М. А. (2013). Стан ґрунтів України та шляхи підвищення їх родючості в умовах оптимізації земельних ресурсів України. Землеробство, №14 (85), 14-24.
2. Коваленко, А. О. (2018). Стан і перспективи реалізації Цілей сталого розвитку в Україні. Економіка природокористування і сталий розвиток. №1-2, 11-14. <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/161898>
3. Котикова О.І. (2017) Моніторинг та оцінка сталості розвитку сільськогосподарського землекористування регіонів України. Економіка АПК. №5, 24-32. <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/2606>
4. Мар'янович М.Е. (2019) Національні індикатори досягнення цілей сталого розвитку та їх роль у порядку денному ООН до 2030 року. Інноваційна економіка, № 5-6, 133-138. <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2019.5-6.18>

5. Федоров, О. П., Самойленко, Л. І., Колос, Л. М., Підгородецька, Л. В. (2019). Проблеми використання супутникових даних для моніторингу цілей сталого розвитку України. *Космічна наука і технологія*. 2019. Т. 25. No 3: 40-56. <https://doi.org/10.15407/knit2019.03.040>

6. Ягодзінська, А. С. (2020). Моніторинг індикаторів ЦСР2: створення стійких систем виробництва продуктів харчування в Україні. *Економіка та держава*. No 8. 101-106. <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/8295>

7. Alamanos, A. and Linnane, S., 2021. Estimating SDG Indicators in Data-Scarce Areas: The Transition to the Use of New Technologies and Multidisciplinary Studies. *Earth*, 2(3), pp.635-652.

8. Bogdanets V. (2019). Web-mapping potential and its use for mapping of land value parameters. *Zemleustriy, kadastr i monitorynh zemel'*, (3), 81-87. <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2019.03.09>

9. Knowledge Products and Pillars. Land Degradation Neutrality. LDN monitoring. SDG indicator 15.3.1. UNCCD. Available at: <https://knowledge.unccd.int/ldn/ldn-monitoring/sdg-indicator-1531>

10. Land Portal. Interactive map and 15.3.1. SDG indicator. Available at: <https://landportal.org/book/sdgs/153/1531>

11. Prince S.D. Challenges for remote sensing of the Sustainable Development Goal SDG 15.3. 1 productivity indicator. *Remote Sensing of Environment*, 2019, 234: 111428. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111428>

12. The official site of FAO (2018), "Transforming food and agriculture to achieve the SDGs 20 interconnected actions to guide decisionmakers. Food and agriculture organization of the united nations", Available at: <http://www.fao.org/3/I9900EN/i9900en.pdf>

13. The official site of Sustainable Development Goals Knowledge Platform (2015), "2030 Agenda for Sustainable Development", Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>

14. Trends.Earth. Documentation. Available at: <http://trends.earth/docs/en/pdfs/Trends.Earth.pdf>

15. Trends.Earth. SDG indicator 15.3.1. description. Available at: http://trends.earth/docs/en/background/understanding_indicators15.html
16. United Nations Convention to combat desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa UNCCD, 1994. Available at: https://www.unccd.int/sites/default/files/_relevant-links/2017-01/unccd_convention_eng_0.pdf
17. Wessels K.J.; Prince S.D.; Malherbe J.; Small J.; Frost P.E.; VanZyl D. Can human-induced land degradation be distinguished from the effects of rainfall variability? A case study in South Africa. J. Arid Environ. 2007, 68, P. 271–297. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.05.015>
18. Wessels K.J.; van den Bergh F.; Scholes R.J. Limits to detectability of land degradation by trend analysis of vegetation index data. Remote Sens. Environ. 2012, No.125, P. 10–22. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.06.022>

References

1. Alamanos, A. and Linnane, S., 2021. Estimating SDG Indicators in Data-Scarce Areas: The Transition to the Use of New Technologies and Multidisciplinary Studies. Earth, 2(3), pp.635-652.
2. Baliuk S.A., Medviediev V.V., Zakharova M.A. (2013). Stan gruntiv Ukrayiny ta shlyakhy pidvyshchennya yikh rodyuchosti v umovakh optymizatsiyi zemel'nykh resursiv Ukrayiny [Ukrainian soils state and ways to increase their productivity in conditions of land resources optimization in Ukraine]. Zemlerobstvo, No.14 (85). 14-24.
3. Bogdanets V. (2019). Web-mapping potential and its use for mapping of land value parameters. Zemleustriy, kadastr i monitorynh zemel', (3), 81-87. <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2019.03.09>
4. Fedorov O.P., Samoylenko L.I., Kolos L.M., Pidhorodets'ka L.V.. (2019). Problemy vykorystannya suputnykovykh danykh dlya monitorynhu tsiley staloho rozvytku Ukrayiny. [Problems of using satellite data to the assessment of sustainable

development goals of Ukraine] Kosmichna nauka i tekhnolohiya 2019. Vol. 25. No 3. 40-56. <https://doi.org/10.15407/knit2019.03.040>

5. Knowledge Products and Pillars. Land Degradation Neutrality. LDN monitoring. SDG indicator 15.3.1. UNCCD. Available at: <https://knowledge.unccd.int/ldn/ldn-monitoring/sdg-indicator-1531>

6. Kotyko O.I. (2017). Monitoryng ta otsinka stalosti rozvytku sil'skohospodars'koho zemlekorystuvannya rehioniv Ukrayiny. [Monitoring and evaluation of land use sustainability of agricultural regions of Ukraine] Ekonomika APK, (5), 24-32. <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/2606>

7. Kovalenko A.O. (2018). Stan i perspektyvy realizatsiyi Tsiley staloho rozvytku v Ukrayini [State and Prospects for Achieving the Sustainable Development Goals in Ukraine] Ekonomika pryrodokorystuvannya i stalyy rozvytok, №1-2, 11-14. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/161898>

8. Land Portal. Interactive map and 15.3.1. SDG indicator. Available at: <https://landportal.org/book/sdgs/153/1531>

9. Mar'yanovych M.E. (2019). Natsional'ni indykatory dosyahnennya Tsiley staloho rozvytku ta yikh rol' u poryadku dennomu OON do 2030 roku. [National indicators of achieving the sustainable development goals and their roles in the United Nations agenda by 2030] Innovative Economy, (5-6), 133-138. <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2019.5-6.18>

10. Prince S.D. Challenges for remote sensing of the Sustainable Development Goal SDG 15.3. 1 productivity indicator. *Remote Sensing of Environment*, 2019, 234: 111428. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111428>

11. The official site of FAO (2018), "Transforming food and agriculture to achieve the SDGs 20 interconnected actions to guide decisionmakers. Food and agriculture organization of the united nations", Available at: <http://www.fao.org/3/I9900EN/i9900en.pdf>

12. The official site of Sustainable Development Goals Knowledge Platform (2015), "2030 Agenda for Sustainable Development", Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>

13. Trends.Earth. Documentation. Available at:
<http://trends.earth/docs/en/pdfs/Trends.Earth.pdf>
14. Trends.Earth. SDG indicator 15.3.1. description. Available at:
http://trends.earth/docs/en/background/understanding_indicators15.html
15. United Nations Convention to combat desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa UNCCD, 1994. Available at: https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-01/unccd_convention_eng_0.pdf
16. Wessels K.J.; Prince S.D.; Malherbe J.; Small J.; Frost P.E.; VanZyl D. Can human-induced land degradation be distinguished from the effects of rainfall variability? A case study in South Africa. J. Arid Environ. 2007, 68, P. 271–297. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.05.015>
17. Wessels K.J.; van den Bergh F.; Scholes R.J. Limits to detectability of land degradation by trend analysis of vegetation index data. Remote Sens. Environ. 2012, No.125, P. 10–22. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.06.022>
18. Yahodzins'ka A.S. (2020). Monitorynh indykatoriv TsSR2: stvorenniya stiykykh system vyrobnytstva produktiv kharchuvannya v Ukraini. [Monitoring of indicators GSD2: creation of sustainable food production systems in Ukraine] Ekonomika ta derzhava. No 8. 101-106. <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/8295>

V. Bogdanets, V. Nosenko

INDICATORS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SAFETY LAND USE AND ASSESSMENT OF DEGRADATION PROCESSES DEVELOPMENT OF SOIL COVER USING GIS MODELS

The article describes some of the UN-adopted indicators of sustainable development of land use safety associated with the development of soil degradation processes, approaches to assessing the development of soil degradation using mathematical modeling tools, namely geoinformation models.

Indicator 15.3.1 of sustainable development goals reflects the ratio of the area of degraded land to the total land area of the assessed area, and degradation is considered as an integral indicator of such parameters as land productivity, soil organic matter content and type of land use. It is established that when using remote sensing data obtained from open sources, which serve as a basis for calculating land degradation indices by the Trends.Earth tool via QGIS software, it is possible to establish such changes at the administrative level (map scale 1: 100000) and spatio-temporal analysis of such changes.

At the same time, it is difficult to ensure higher spatial resolution, which would allow the analysis at the level of an individual farm or an enterprise. This is due to the spatial resolution of the data that form the basis for such a calculation. In the Forest-Steppe zone of Ukraine, the predominant type of land use is agricultural activity with land plowing. Some farms practice minimizing tillage, which, in particular, should affect the value of the indicator of land degradation.

With some convention of such an approach, the indicator allows to display in the map space the data of changes in the condition of the land, the loss of soil organic carbon according to remote sensing data and the nature of soil degradation for the selected time interval. Due to difficult economic conditions, part of the lands for the period 2001-2019. was not used in agricultural production, some fields were overgrown with woody vegetation and were not actively cultivated, which was reflected in the indicators of indicator 15.3.1. At the same time, most of the lands (over 66%) did not undergo positive or negative changes during the studied period.

The use of indicators of soil condition, monitoring of the development of degradation processes based on operational data and the possibility of their comparison for different time intervals plays a particularly important role in the context of the impact of global climate changes on the soil cover, prospects for agricultural production and, in general, on the quality of life of people.

Keywords: *sustainable development goals, soil degradation, land use indicators, geoinformation models, remote sensing data.*