

**СЕКЦІЯ 5.**  
**СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ**  
**ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

УДК 631.171

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВНОГО ЦИКЛУ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ**  
**ЗА ДОПОМОГОЮ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ,**  
**ОПРАЦЬОВАНИХ У СЕРЕДОВИЩІ GOOGLE EARTH ENGINE**

*Четверіков Б.В., к.т.н.,*  
*Бабій Л.В.*

*Національний університет «Львівська політехніка», Україна*

Використання космічних знімків у точному землеробстві є надзвичайно важливим етапом у визначенні пошкоджених культур. Завдяки сучасним технологіям космічного обліку, аграрії отримують унікальну можливість перевіряти стан своїх полів та визначати наявність пошкоджень чи стресів у рослин. Космічні знімки надають можливість оцінювати різноманітні аспекти розвитку рослин, такі як колір, текстура та інші параметри, що вказують на їхнє здоров'я. Крім того, вони дозволяють агрономам та фермерам вчасно виявляти можливі загрози, такі як захворювання, шкідники чи несприятливі погодні умови. Це дозволяє вчасно реагувати та вживати ефективні заходи для запобігання пошкоджень культур та забезпечення високого рівня врожаю.

**Мета досліджень** – використовуючи космічні знімки середньої просторової розрізненості, отриманий з супутника Landsat, на територію сільськогосподарських посівів у Львівській області, визначити індекс NDVI для поля кукурудзи та проаналізувати яка частина посівів зазнала пошкоджень.

Дослідження з визначення пошкоджених культур за допомогою космічних знімків у точному землеробстві включають в себе різноманітні матеріали та методи. Матеріали включають в себе знімки високого та середнього просторового розрізнення, отримані із супутників та дронів, геопросторові дані для точної геолокації та контекстуальної інформації, а також метеорологічні дані для аналізу погодних умов. Щодо методів, то вони включають в себе спектральний аналіз для вивчення колірних властивостей рослин, текстурний аналіз для виявлення змін в структурі ґрунту та рослин, класифікацію об'єктів за допомогою алгоритмів машинного навчання, моделювання стану культур та комбіновані підходи, що інтегрують різні методи та дані для комплексного аналізу сільськогосподарських угідь. Ці матеріали та методи

дозволяють отримати об'єктивну та деталізовану інформацію про стан культур та вчасно реагувати на можливі пошкодження.

**Об'єктом досліджень** була ділянка поля біля с.Крехів Львівської області, на якому в період досліджень, а саме станом на 2023 рік, вирощувалась кукурудза. Площа досліджуваної ділянки 53,25 га. Для досліджень використано різночасові космічні знімки знімальної системи Sentinel-2 протягом періоду весна-осінь 2023р. Для отриманих різночасових даних було обчислено вегетаційні індекси у хмарній платформі для геопросторового аналізу даних в планетарних масштабах Google Earth Engine.

Сіяти кукурудзу в Україні рекомендується в період між кінцем квітня та серединою травня.

При цьому ранній посів при температурі  $+6-7^{\circ}\text{C}$  на глибині закладення насіння забезпечує кращу вологозабезпеченість рослин, а також сприяє їх оптимальному запиленню та цвітінню в більш сприятливий температурний період. Недоліком раннього посіву є те, що сходи з'являються лише на 14–16 день, а іноді й пізніше. А пізній посів кукурудзи відповідно продовжує період її вирощування на два-три тижні.

Для дослідної ділянки обчислені вегетаційні індекси з березні по листопад 2023 року включно.

Березень вибрано для дослідження, щоб показати стан ділянки до початку польових робіт. Поле ще не було оброблене в новому посівному році і спостерігаються сліди довільної рослинності. Максимальне значення NDVI для поля становить 0.534, що в даному випадку свідчить про самовільну рослинність. Мінімальне значення -0.009 - вказує на наявність відкритого ґрунту та високої вологості. Визначено, що станом на квітень максимальне значення NDVI для поля становить 0.641, що в даному випадку свідчить про самовільну рослинність. Мінімальне значення -0.134 - вказує на наявність відкритого ґрунту. Станом на травень поле ще також не оброблене. На обчисленому вегетаційному індексі NDVI за 5 червня 2023 року поле відображається жовтим кольором. При цьому мінімальне значення - 0.133 - вказує на наявність відкритого ґрунту і високої вологості. Знімок отриманий після проведення орних та посівних робіт, але ще до появи сходів культури. Максимальне значення NDVI становить 0,318. Після додаткового вивчення виявлено, що підвищені значення індексу мають декілька пікселів лівій нижній частині поля, що спричинено скоріш за все роботою техніки. Розрахунок NDVI індексу на зображенні від 15 липня 2023 року показує стан розвитку сходів кукурудзи через півтора місяця після посіву. Максимальне значення NDVI становить 0.660, а мінімальне значення -0.255. На знімку чітко видно місця, де схожість слабша і кукурудза відстає в розвитку. У серпні кукурудза зазвичай перебуває на піку вегетаційного періоду або ближче до завершення активного росту. Показники NDVI max: 0.829 свідчить про зони з високою густиною вегетації та здоровим станом рослин. Це

характерно для ділянок із сприятливими умовами росту. Min: 0.608 може вказувати на стресові умови (посуха, шкідники, дефіцит поживних речовин) або нерівномірність густоти посівів. У вересні кукурудза зазвичай перебуває на етапі дозрівання, коли фотосинтетична активність поступово знижується. Значення NDVI max: 0.808 і min: 0.587 інтерпретуються так: max: 0.808 – вказує на ділянки, де рослини все ще мають достатню щільність листкового покриву. Це може бути ознакою пізнього дозрівання або хорошого стану вегетації навіть на пізніх стадіях. Min: 0.587 – демонструє зони, де рослини вже пройшли фазу активного росту або мають нижчу щільність посівів. Це типово для ділянок, які дозрівають швидше або зазнали стресових умов (посуха, збирання врожаю на окремих ділянках). У вересні вигляд ділянки виглядає дуже неоднорідно. На обчисленому вегетаційному індексі NDVI за 2 листопада 2023 року все поле вже відображається жовтим кольором. Значення індексів (max: 0.469; min: 0.088) вказують на відсутність хлорофілу, що означає висихання культури і її готовність для збору врожаю.

Дослідження NDVI показало динаміку розвитку кукурудзи протягом сезону. У березні-квітні поле демонструвало самовільну рослинність та відкритий ґрунт. У травні після посіву NDVI залишався низьким через відсутність сходів. У серпні індекс досяг піку (0.829), що свідчило про густу вегетацію, хоча місцями спостерігалися стресові умови. У вересні NDVI знизився, відображаючи дозрівання, а до листопада вказував на завершення вегетації та готовність до збору врожаю. Аналіз показав неоднорідність розвитку рослин та ефективність моніторингу стану поля.

Матеріал тез написано на основі досліджень авторів.