

УДК 631:659.78:528(075)

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.13>

## ВИЯВЛЕННЯ ПЛЯМ ОСОЛОНЦЮВАННЯ НА ОСНОВІ АЕРОФОТОЗЙОМКИ

**Солоха М.О.** – к.географ.н., завідувач лабораторії,  
Національний науковий центр  
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

Уперше на території України здійснено спробу ідентифікації плям осолонцювання шляхом дешифровки аерофотознімків, отриманих із дистанційно керованого літаючого апарату. Зйомки проводилися з безпілотного літаючого апарату на території півдня України (каштанові ґрунти) за різних умов зволоження. Робочі висоти аерофотозйомки коливалися від 100 м до 300 м. Отримані аерофотознімки оброблювалися за допомогою декількох типів програмного забезпечення: Agisoft Photoscan, Adobe Photoshop, Erdas Image. За допомогою програмного забезпечення Agisoft Photoscan проводилися операції щодо видалення некоректних аерофотознімків, видалення дисторсій, крайового ефекту та побудова ортофотопланів. Erdas Image використовувався для посилення контрасту знімка, отримання цифрових чисел (DN) для наступного аналізу й суміщення даних. У Adobe Photoshop проводилася перевірка DN і графічна підготовка ортофотопланів до публікацій.

У результаті отримано ортофотоплани місць проявлення різнокольорового забарвлення, після чого на цих площах відібрані проби зразків ґрунту, закладено ґрунтові розрізи та проведено наступний хімічний аналіз ґрунту. Проаналізовано агрохімічні показники ґрунту (азот мінеральний, фосфор, калій, органічна речовина), сольовий склад ґрунтових зразків, склад увібраних катіонів, мікроелементи й поглинені основи. Потім здійснено аналіз (суміщення) отриманих аерофотознімків для оперативного виявлення плям осолонцювання для наступних досліджень.

Паралельно проводилося аерофотознімання для можливості ідентифікації залишків зрошувальних систем, які або використовуються, або ні, на півдні України. Виявлено, як виглядають заглиблені трубопроводи та гідранти на аерофотознімках, як виглядає підтоплення на аерофотознімках після ненормованого водопостачання на поле.

**Ключові слова:** осолонцьовані ґрунтові контури, дистанційно керований літаючий апарат, аерофотозйомка, вторинне осолонцювання, пошук залишків зрошувальних систем.

### **Solokha M.O. Identification of stams of air observation based**

For the first time on the territory of Ukraine an attempt was made to identify the spots of solonification by decoding aerial photographs obtained from a remotely controlled flying wing. The shooting was carried out from an unmanned flying machine in southern Ukraine (chestnut soils) under different humidity conditions. Aerial work altitudes ranged from 100 m to 300 m. Aerial photos were processed using several types of software: Agisoft Photoscan, Adobe Photoshop, Erdas Image. With Agisoft Photoscan software, operations were performed to remove incorrect aerial photographs, remove distortion and edge effects, and build orthophotomaps. Erdas Image was used to enhance the contrast of the image, and obtain digital numbers (DNs) for further analysis and data alignment. Adobe Photoshop tested DN and graphical preparation of orthophotomaps for publications.

As a result, orthophotomaps were obtained in places of manifestation of colorful colors, after which samples of soil samples were sampled on these areas, soil sections were laid and the following chemical analysis of the soil was carried out. The agrochemical parameters of soil (mineral nitrogen, phosphorus, potassium, organic matter), salt composition of soil samples, composition of absorbed cations, trace elements and absorbed bases were analyzed. Subsequently, the analysis (combining) of the aerial photographs was obtained for the operative detection of sputtering spells for subsequent investigations.

In parallel aerial photography was carried out to identify the remains of irrigation systems that are either used, or not in the south of Ukraine. Deep-shaped pipelines and hydrants on aerial photographs are found, and what looks like flooding in aerial photographs after unregulated water supply to the field.

**Key words:** soil saline contours, remotely controlled flying apparatus, aerial photography, secondary salinization, search of remains of irrigation systems.

**Постановка проблеми.** Методика картографування ґрунтів на основі аерофотозйомки є актуальною науковою проблемою сьогодення, яка повинна «відповісти» на питання оновлення картографічних, фондкових джерел із цієї тематики України. Україна дуже нешвидко, поступово наближається до відкритого ринку землі, про що свідчать постійні інформаційні дискусії, безліч конференцій та event show, які проходять упродовж останніх років по всій країні. Ґрунти півдня країни мають свої особливості, на кшталт легкий гранулометричний склад, як наслідок, менше волого утримання, тому потребують окремої економічної оцінки. Постійна загроза вторинного осолонцювання ґрунтів у результаті антропогенної діяльності може тільки погіршити оцінку, кінцеву врожайність цих ґрунтів. Вторинне осолонцювання потребує дуже ретельного підходу до його вивчення та моніторингу, бо вирішення цього наукового завдання дасть змогу підвищити родючість ґрунтів півдня України й оптимізувати економічні втрати від неї.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Моніторингом засолених ґрунтів учені займаються вже кілька десятиліть. Серед основних робіт, що є базою для залучення дистанційних методів для вивчення проблеми засолення ґрунтів, є такі: Виноградов, 1984; Андроніков, 1979; Т.В. Афанасьєва, 1965; В.Л. Андроніков, В.А. Калніна, Л.П. Рубцова, 1971. За весь цей час проведено багато роботи з вивчення й поведінки контурів засолення за допомогою космічних методів та аерометодів. Останні використовувалися на території Херсонської та Миколаївської областей наприкінці 60-х років ХХ століття. Але потім з'явився новітній інструмент досліджень, а саме безпілотні літаючі апарати, за допомогою яких можна проводити оперативну зйомку (що більш зручно для моніторингу). Цей інструментарій надав поштовх щодо спроби використання його можливостей для виявлення плям осолонцювання на півдні України.

**Постановка завдання.** Мета роботи – отримання підтвердження можливості ідентифікації плям осолонцювання на основі аерофотозйомки з дистанційно керованого літаючого апарату (далі – ДКЛА); після оконтурювання на аерофотознімках потенційних плям осолонцювання провести відбір ґрунтових зразків і лабораторний аналіз з метою підтвердження цього факту.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Методика дослідження виглядала так. Дослідження проводилися за допомогою ДКЛА зі встановленою камерою (модель Pentax W60) з наступними налаштуваннями 1/2,3" CCD-матриця, затвор при зйомці 1/5-1/320. ISO 50-1600 у режимі Digital SR (5 Мп), у режимі серійної зйомки.

Алгоритм досліджень за допомогою ДКЛА складався з польового та камерального етапів.

Польовий етап досліджень включав у себе підготовку ДКЛА до зльоту, безпосередньо зйомку під час польоту й первинну обробку аерофотознімків.

Політ ДКЛА проводився з покриттям об'єкта дослідження аерофотознімками шляхом обльоту всієї території дослідження. Висота польоту ДКЛА над тестовими майданчиками (об'єктами) була в діапазоні від 80 м до 100 м, зйомка проводилася за різних умов освітлення і хмарності. За один тур зйомки ДКЛА робив більш ніж 120–200 знімків одного поля.

На території господарства «Радземля» (рис. 1) аерофотозйомка проводилася за такими координатами центрів полів: поле № 1: с. д.: 32,263436; п. ш.: 46,732237; поле № 2: с. д.: 32,235387; п. ш.: 46,738454; поле № 3: с. д.: 32,267495; п. ш.: 46,717198.



*Рис. 1. Розташування ключових майданчиків і розрізів у «Радземля», Білозерського району Херсонської області*

Тур зйомки цієї частини поля 1 показав тільки наявність мікропонижень унаслідок раніш закладеної мережі дренажу (рис. 2), що мали чіткий «витягнутий» вигляд.



*Рис. 2. Поле № 1 господарства «Радземля»*

Примітка: дренаж відображений стрілками та прямокутником.

Результати агрохімічного аналізу ділянки (відбір зразків у шарі 0–25 см) наведені в таблиці 1. Вплив мікрорельєфу на полі під зрошенням практично не виявлений ані візуально, ані в результаті агрохімічного аналізу.

Таблиця 1

**Уміст вуглецю органічної речовини й рухомих форм азоту, сполук фосфору та калію в ґрунтах «Радземля», поле № 1 (за Чиріковим)**

№ з/п	Варіант	Уміст вуглецю орг. речовини, %	Уміст сполук $P_2O_5$ , мг/кг	Ступінь забезпеченості $P_2O_5$	Уміст сполук $K_2O$ , мг/кг	Ступінь забезпеченості $K_2O$	Азот $N-NO_3 + N-NH_4$ , мг/кг	Ступінь забезпеченості азотом
1	Р-1 Зрошення	2,21	91,6	Середня	132,5	Висока	31,2	Висока
2	М.1 Богара	1,83	100,2	Середня	92,5	Підвищена	29,0	Підвищена
3	М.2 Богара	1,78	134,5	Підвищена	100,0	Підвищена	30,0	Висока
4	М.3 Зрошення	2,06	128,8	Підвищена	145,0	Висока	28,0	Підвищена
5	М.4 Зрошення	2,14	100,2	Середня	117,5	Підвищена	35,5	Висока
6	М.5 Зрошення	1,78	100,2	Середня	180,0	Висока	30,6	Висока
7	М.6 Зрошення	1,87	97,3	Середня	122,9	Висока	17,1	Середня
8	М.7 Зрошення	2,33	114,5	Підвищена	192,5	Дуже висока	12,2	Низька
9	М.8 Зрошення	1,83	97,3	Середня	122,5	Висока	11,5	Низька
10	М.9 Зрошення	2,02	60,1	Середня	107,5	Підвищена	23,4	Середня
11	М.10 Зрошення	1,99	68,7	Середня	122,5	Підвищена	27,4	Підвищена

Таблиця 2

**Уміст вуглецю органічної речовини й рухомих форм азоту, сполук фосфору та калію в ґрунтах «Радземля», поле № 3 (за Чиріковим)**

№ з/п	Варіант	Уміст вуглецю орг. речовини, %	Уміст сполук $P_2O_5$ , мг/кг	Ступінь забезпеченості $P_2O_5$	Уміст сполук $K_2O$ , мг/кг	Ступінь забезпеченості $K_2O$	Азот $N-NO_3 + N-NH_4$ , мг/кг	Ступінь забезпеченості азотом
1	Р-2 Вилучені	1,78	120,2	Підвищена	180,0	Підвищена	23,8	Середня
2	М.11 Вилучені	1,63	68,7	Середня	57,5	Середня	11,4	Низька
3	М.12 Вилучені	1,83	100,2	Середня	92,5	Підвищена	19,2	Середня
4	М.13 Вилучені	1,87	108,8	Підвищена	105,0	Підвищена	20,3	Середня
5	М.14 Вилучені	1,90	108,7	Підвищена	105	Підвищена	31,3	Висока
6	М.15 Вилучені	1,94	140,3	Підвищена	117,5	Підвищена	24,3	Середня
7	М.16 Вилучені	1,90	131,7	Підвищена	205,0	Середня	19,6	Середня

Можна зробити припущення, що результати турів аерофотозйомки, а саме цифрові числа (DN) на аерофотознімках, практично не дають ніякої додаткової інформації для аналізу через вплив на ґрунт довготривалого зрошення.

Зовсім інша картина спостерігалася на полі № 3, де також проводився агрохімічний аналіз (таблиця 2) та аерофотозйомка (рис. 3).

Забезпеченість рухомими формами фосфору більш стабільна, коливається від середньої до підвищеної з тенденцією більш високого вмісту у верхньому орному шарі, проте теж незалежно від зрошення. Забезпеченість калієм подібна до забезпеченості фосфором, коливається від середньої до дуже високої. Отже, забезпеченість НРК, як і гумусом, залежить переважно від рівня агротехнічного фону.



*Рис. 3. Поле № 3. Панорамний знімок західної частини дослідного горизонтального дренажу (мікропониження по центру знімку)*

Точка М.11 закладена на полі № 3, що відображено на знімку 4 (прямокутник). Ця точка мають понижений уміст вуглецю органічної речовини згідно з даними таблиці 2. Інших залежностей не виявлено.

Уміст вуглецю органічної речовини (див. таблицю 2) свідчить, що вміст органічної речовини у верхньому орному шарі всіх ґрунтів коливається в межах 1,8–2,3%, що характеризує їх як слабкогумусовані, однак для зрошуваного поля простежується тенденція підвищеного його вмісту порівняно з вилученими зі зрошення й богарними (2,0–2,3%). Це пов'язано, імовірно, з більш високим агрофонем зрошуваного поля. У підорних шарах (25–63 см, 32–71 см, 25–50 см) уміст органічної речовини закономірно знижується до 0,9–1,6 % з тенденцією більшого зниження в богарних і вилучених зі зрошення ґрунтах.

Ступінь забезпеченості азотом, фосфором і калієм (див. таблицю 2) у ґрунтах різний, проте він достовірно не залежить від зрошення. Так, забезпеченість азотом нітратним та аміачним в орному й підорному шарах усіх ґрунтів коливається від низької до високої незалежно від зрошення без чіткої тенденції підвищення у верхньому орному шарі. На цих самих полях проаналізовано сольовий склад ґрунту (таблиця 3), уміст увібраних катіонів і ступінь солонцюватості ґрунту (таблиця 4).

Таблиця 3

## Сольовий склад ґрунту СК «Радземля», шар 0–25 см

№ з/п	Варіант	CaCO <sub>3</sub> , %	Загальні водорозчинні солі, %	Токсичні солі, %	pH водної витяжки	Уміст іонів солей, за даними аналізу водної витяжки, мекв/100 г ґрунту							Ступінь засоленості / Н-незасоленості
						HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
1	Вилучені М.1	0,8	0,064	0,04	7,65	0,500	0,125	0,279	0,250	0,250	0,372	0,032	Н
2	Богара М.2	0,48	0,055	0,04	7,55	0,425	0,125	0,236	0,225	0,200	0,326	0,035	Н
3	Богара М.3	1,12	0,073	0,05	7,45	0,425	0,125	0,458	0,275	0,300	0,391	0,042	Н
4	Зрошення М.4	0,96	0,061	0,04	7,25	0,375	0,125	0,347	0,225	0,200	0,380	0,042	Н
5	Зрошення М.5	0,64	0,062	0,04	7,40	0,425	0,175	0,275	0,250	0,200	0,387	0,038	Н
6	Зрошення М.6	0,8	0,063	0,04	7,50	0,450	0,125	0,319	0,225	0,225	0,413	0,031	Н
7	Зрошення М.7	0,8	0,076	0,04	7,40	0,375	0,125	0,411	0,250	0,225	0,387	0,049	Н
8	Зрошення М.8	1,12	0,068	0,05	7,35	0,400	0,125	0,436	0,250	0,250	0,424	0,037	Н
9	Зрошення М.9	0,96	0,065	0,05	7,45	0,375	0,125	0,413	0,200	0,300	0,380	0,033	Н
10	Зрошення М.10	0,96	0,056	0,04	7,55	0,450	0,175	0,152	0,175	0,150	0,424	0,028	Н
11	Зрошення М.11	1,28	0,042	0,02	7,55	0,350	0,125	0,118	0,225	0,150	0,200	0,018	Н
12	Вилучені М.12	1,12	0,04	0,03	7,45	0,400	0,125	0,043	0,150	0,225	0,178	0,015	Н
13	Вилучені М.13	0,06	0,044	0,03	7,45	0,375	0,150	0,053	0,200	0,175	0,185	0,018	Н
14	Вилучені М.15	1,64	0,038	0,02	7,20	0,275	0,125	0,149	0,200	0,175	0,152	0,022	Н
15	Вилучені М.16	0,8	0,039	0,02	7,15	0,325	0,200	0,038	0,200	0,200	0,130	0,033	Н

Таблиця 4  
Склад увібраних катіонів і ступінь солонцюватості ґрунту СК «Радземля», шар 0–25 см

№	Варіант	Са мг-екв/100 г	Mg мг-екв/100 г	Намг-екв/ 100 г	Кмг-екв/ 100 г	Σ катіонів	(Na+K) від Σ, %	Ступінь солонцюватості
1	М.1 Богара	19,5	10,5	0,532	0,424	30,96	3,1	слабкосолонцюватий
2	М.2 Богара	17,0	9,0	0,726	0,452	27,18	4,3	слабкосолонцюватий
3	М.3 Зрошення	14,5	8,5	0,635	0,655	24,29	5,3	середньосолонцюватий
4	М.4 Зрошення	13,5	16,0	0,698	0,532	30,73	4,0	слабкосолонцюватий
5	М.5 Зрошення	15,0	10,0	0,596	0,695	26,29	4,9	слабкосолонцюватий
6	М.6 Зрошення	17,5	16,0	0,665	0,550	34,72	3,5	слабкосолонцюватий
7	М.7 Зрошення	13,5	13,0	0,691	0,751	27,94	5,2	середньосолонцюватий
8	М.8 Зрошення	17,0	12,0	0,689	0,491	30,18	3,9	слабкосолонцюватий
9	М.9 Зрошення	17,0	12,0	0,646	0,454	30,10	3,7	слабкосолонцюватий
10	М.10 Зрошення	18,5	10,0	0,689	0,572	29,76	4,2	слабкосолонцюватий
11	М.11 Вилучені	16,0	13,0	0,461	0,325	29,79	2,6	несолонцюватий
12	М.12 Вилучені	17,0	11,5	0,422	0,457	29,38	3,0	слабкосолонцюватий
13	М.13 Вилучені	17,0	13,0	0,345	0,520	30,87	2,8	несолонцюватий
14	М.14 Вилучені	15,0	11,0	0,313	0,489	26,80	3,0	слабкосолонцюватий
15	М.15 Вилучені	15,0	12,5	0,352	0,563	28,42	3,2	слабкосолонцюватий
16	М.16 Вилучені	15,0	8,5	0,348	0,777	24,63	4,6	слабкосолонцюватий

Як свідчать дані таблиць 3–4, сольовий склад зрошуваного, вилученого зі зрошення й богарного ґрунтів слабо відрізняється. У шарі 0–35 см розрізів і 0–50 см богарних майданчиків зрошуваних і вилучених зі зрошення ґрунтів уміст водорозчинних загальних, у тому числі токсичних, солей знаходиться в межах класифікаційне незасоленого ґрунту. Тип солей за складом аніонів – сульфатний, хлоридно-сульфатний, сульфатно-хлоридний, іноді сульфатно-содовий і содовий. За складом катіонів – переважно кальцієво-натрієвий, магнієво-натрієвий, кальцієво-магнієвий. Реакція водної витяжки переважно слабколужна (7,5–8,0 рН). У більш глибоких шарах ґрунтів (50–200 см) уміст водорозчинних солей підвищується до слабого ступеня засолення без зміни типу солей. Уміст  $\text{CaCO}_3$  як показник потенційної буферності ґрунту до іригаційного осолонцювання у верхніх шарах – 0–50, 0–75 см – ґрунтів незначний, у межах 0,3–2,2%, що свідчить про низьку буферність до осолонцювання, нижче (шари 60–200 см) – уміст  $\text{CaCO}_3$  різко підвищується до 11–19%, що дає можливість в окремих випадках застосовувати плантажну оранку для запобігання іригаційному осолонцюванню ґрунту. Склад поглинених катіонів і ступінь солонцюватості ґрунтів (таблиця 4) для всіх розрізів, майданчиків і свердловин майже однаковий. Переважають у складі катіонів  $\text{Ca}$  і  $\text{Mg}$ , уміст натрію у верхніх шарах – у межах 0,3–1,1 мг-екв/100 г ґрунту, калію – 0,3–0,9 мг-екв/100 г ґрунту, що в сумі дає переважно 3,0–5,3% від суми катіонів, тобто слабкий, іноді середній ступінь солонцюватості. Аерофотозйомка оптичного діапазону зовсім виявила розбіжності на цих різних агрофонах виключно по різній рослинності, яка була в той час на них наявна (рис. 4).

**Висновки і пропозиції.** Чим вищий ступінь осолонцювання ґрунту, тим вища відбивна здатність цього контуру на знімку в разі ґрунту, що не вкритий рослинністю. Характерно, що по всіх трьох каналах моделі RGB ареали мають підвищені значення (від 100 до 145) порівняно з фоном, де значення практично не перевищують 100 умовних одиниць.

1. Ареали осолонцювання після завантаження ортофотоплану в ГІС пакет дають можливість точного підрахування їх площ за рахунок вищої відбивної здатності.

2. Визначення деяких показників агрохімічної групи на ґрунтах зрошуваних систем (крім вуглецю органічної речовини та рН водного) дистанційним чином (через аерофотозйомку) на основі моделі RGB неможливе.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Андроников В.Л. Аэрокосмические методы изучения почв. Москва : Колос, 1979. 280 с.
2. Андроников В.Л., Калнина В.А., Рубцова Л.П. Особенности дешифрирования почв лесостепной зоны. Крупномасштабная картография почв: методы, теория и практика. Москва : Наука, 1971. 214 с.
3. Афанасьева Т.В. Использование аерометодов при картировании и исследовании почв. Москва : Из-во МГУ, 1965. С. 110–144.
4. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. Москва : Наука, 1984. 320 с.