

УДК 528.88:502.37

А. Б. АЧАСОВ*, д-р с.-г.н., доц., **А. О. АЧАСОВА**** канд. біол. наук., доц.,
О. Ю. СЕЛІВЕРСТОВ***, **А. О. СЕДОВ****, **О. В. ТОВСТОКОРИЙ****

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,

**Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва,

***Компанія «Інтетікс-Гео»

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ПРОСТОРОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ВОЛОГОСТІ ОРНИХ ҐРУНТІВ

Показана принципова можливість використання геоінформаційного аналізу рельєфу з метою просторової оцінки вологості ґрунтів на рівні мезоландшафту. Проведений аналіз окремих параметрів рельєфу, що впливають на просторову неоднорідність вологості орного шару ґрунту. Доведено, що найбільш придатним для прогнозу вологості автоморфних схилів ґрунтів є коефіцієнт ксероморфності.

Ключові слова: вологість ґрунту, рельєф, ЦМР, геоінформаційний аналіз, схилі ґрунту

Achasov A. B., Achasova A. O., Seliverstov O. Yu., Sedov A. O., Tovstokory O. V. USE OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR THE ESTIMATE OF SPATIAL HETEROGENEITY OF ARABLE SOIL MOISTURE

The possibility of geoinformation terrain analysis using for the purpose of spatial estimation of soil moisture is shown. The analysis of the individual parameters of the relief affecting the spatial heterogeneity of topsoil moisture. It is proved that the coefficient of xeromorphic most suitable for the prediction of automorphic soil moisture.

Keywords: soil moisture, topography, DEM, GIS analysis, slope soil

Ачасов А. Б., Ачасова А. О., Селиверстов О. Ю., Седов А. О., Товстокорый О. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ВЛАЖНОСТИ ПАХОТНЫХ ПОЧВ

В статье показана принципиальная возможность использования геоинформационного анализа рельефа с целью пространственной оценки влажности почв на уровне мезоландшафту. Проведен анализ отдельных параметров рельефа, влияющих на пространственную неоднородность влажности пахотного слоя почвы. Доказано, что наиболее подходящим для прогноза влажности автоморфных склоновых почв является коэффициент ксероморфности.

Ключевые слова: влажность почвы, рельеф, ЦМР, геоинформационный анализ, склоновые почвы

Вступ

Постановка проблеми: Кризовий стан української економіки суттєво підвищує роль сільського господарства у створенні ВВП країни та забезпеченні національного експорту [9]. В той же час, як ніколи актуальним стає впровадження будь-яких заходів, спрямованих на зниження собівартості та підвищення кількості та якості отриманої сільськогосподарської продукції.

Одним із головних чинників формування врожаю є, як відомо, вологість ґрунтів. Саме вона не лише безпосередньо впливає на інтенсивність фотосинтетичних

процесів та створення біомаси, а й контролює процеси надходження мінеральних поживних речовин в рослини, а також трансформації органічних речовин в ґрунтах, тобто обумовлює ефективність використання мінеральних та органічних добрив. Від вологості залежать і важливі для розвитку рослин фізичні характеристики - в першу чергу температура ґрунту та приземного шару повітря.

Розвиток технологій точного землеробства робить необхідним детальне експресне врахування вологості ґрунтів, та, в ідеалі, можливість прогнозувати зміни вологості у період активного синтезу біомаси. Найточнішим методом оцінки вологості ґрунту, безперечно, є лабораторний терміч-

но-ваговий аналіз. Однак, цей метод доволі трудомісткий, часовитратний, та не дає можливості одночасної оцінки вологості на значних масивах земель. Портативні вологоміри мають свої, досить вагомні, вади, що ускладнює їх використання для аналізу ґрунтів. В той же час, сучасні умови диктують необхідність швидкого, притому достатньо точного детального просторового аналізу вологості ґрунту, що дає змогу агрономам вчасно коригувати застосування окремих агрозаходів та суттєво підвищити точність прогнозу врожаїв сільгоспкультур.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Одним із перспективних сучасних підходів до оцінки властивостей ґрунтів, та, зокрема, вологості, є використання геоінформаційного моделювання. А саме розрахунок вологості ґрунтів в окремих точках поля та створення детальний карт вологості за обмеженим масивом даних, отриманих у ключових точках, та цифровою моделлю рельєфу на підставі статистико-математичних моделей залежності вологості від параметрів мезорельєфу.

Питання про вплив рельєфу на вологість ґрунтів вже багато років є предметом пильної уваги ерозіознавців, що досліджують, в першу чергу, фізичний процес взаємодії водного потоку з ґрунтом. Однак, незважаючи на велику кількість проведених натурних експериментів, на теоретичному рівні поки немає однозначного вирішення питання впливу рельєфу на вологонасичуваність ґрунту. Залежності, які були встановлені, наприклад, Г. П. Сурмачем, М. М. Протодьяконовим, Г. А. Ларіоновим, А. В. Швобсом, Н. Г. Галущенком, В. Б. Гусаком чи С. І. Небольсіним [5, 6, 7, 8, 10, 11, 12] суттєво розрізняються за характером,

що можна пояснити як різними теоретичними та методичними підходами дослідників так і значною строкатістю об'єктів, що досліджувались. У цілому можна погодитися з А. М. Бурикіним [4] та Г. А. Ларіоновим [7] що в реальних умовах кількість стоку з ростом крутості схилу може як збільшуватися, так й зменшуватися залежно від інтенсивності опадів, характеру рельєфу, стану поверхні орного ґрунту і т.ін.

Однак, абсолютна більшість ґрунтознавців, ще з часів В. В. Докучаєва, погоджується з тим, що схилі землі є зоною специфічного схилового ґрунтоутворення, саме внаслідок зміни гідротермічних умов, порівняно із плакором. Однак, спроби математичної формалізації впливу рельєфу на ґрунтоутворення, та, зокрема, на гідротермічний режим ґрунтів, досі мають одиничний характер. Так, дуже цікавими є роботи І.В. Флоринського (2000 – 2010 рр.) по встановленню та математичному описанню залежності вологості ґрунтів від рельєфу, що здійснювались на прикладі вкритого лісом яру поблизу м. Пушцін та чорноземоподібних ґрунтів агроландшафтів Канади. Нами [1, 2] для формалізації впливу рельєфу на гідротермічний режим ґрунтів був запропонований коефіцієнт ксероморфності K_{ks} , що враховує як відміни у надходженні сонячної радіації, так і неоднорідність умов зволоження залежно від експозиції та крутості схилів.

Метою статті є оцінка можливості використання геоінформаційного аналізу рельєфу, та, зокрема, авторського коефіцієнта ксероморфності, з метою просторової оцінки вологості ґрунтів на рівні мезорельєфу.

Виклад основного матеріалу

Вологість орного шару ґрунту є функцією надходження, фільтрації, та евапорації вологи. Відповідно, вона зумовлюється наступними чинниками:

— Клімат – надходження вологи з опадами, характер опадів, температурний режим, вітровий режим, що обумовлюють особливості подальшого перерозподілу опадів, що випали.

— Ґрунт – в першу чергу його фільтраційні та вотоутримуючі властивості, а також як передумова створення неоднорідності рослинного покриву.

— Рослинність, що чинить як прямий вплив, через транспірацію вологи, так і опосередкований, через зниження температури ґрунту та прямих витрат на випаровування з його поверхні, а також через підвищення вологозабезпечення внаслідок

сприяння снігоутриманню (в даному аспекті важливу роль відіграють лісонасадження та високостеблові рослини).

— Рельєф - головний чинник перерозподілу атмосферної вологи в ґрунтах через регулювання інтенсивності, напряду, відносної частки поверхового та внутрігрунтового стоку, інфільтрації та випаровування. Отже, поєднання роботи таких чинників як крутизна, форма, експозиція схилу та довжина лінії стоку, а також висота відносно місцевого базису ерозії, створюють, як результат, конкретне значення вологості ґрунту, вірніше певне відхилення цього значення, від середнього для плакорних умов при тих самих параметрах ґрунту та агрофону.

Отже, рельєф є одним з головних факторів перерозподілу вологи в ландшафті, а для умов окремих полів з однорідним ґрунтовим покривом та гранулометричним складом це, фактично, головний чинник, що регулює вологообмін.

Звідси впливає принципова можливість створення моделей залежності вологості ґрунту від параметрів рельєфу з метою їх використання для створення детальних карт вологості ґрунтів. Дослідженнями І. В. Флоринського [13] доведено, що вологість орного шару ґрунтів на 46% може бути описана суто через параметри рельєфу, серед яких провідне значення мають крутизна схилів, вертикальна та середня для водозбору кривизна поверхні та площа водозбору. Нашими дослідженнями [1, 2] доведено, що середньобагаторічний режим зволоження ґрунтів, що відбивається у грубізній гумусового горизонту добре описується через такі параметри як крутизна, експозиція схилів та виведений на їх основі авторський коефіцієнт ксероморфності K_{ks} , що є співвідношенням коефіцієнтів інсоляції та зволоження [3].

Для проведення досліджень залежності вологості ґрунтів на рівні мезорельєфу від його параметрів, нами був проведений аналіз вологості верхнього, 0-10 см шару орних ґрунтів на території, розташованій поблизу учбового господарства ХНАУ (Роганський полігон). Зразки відбирались в межах сусідніх полів, з однорідним ґрунтовим покривом (чорнозем типовий) та неод-

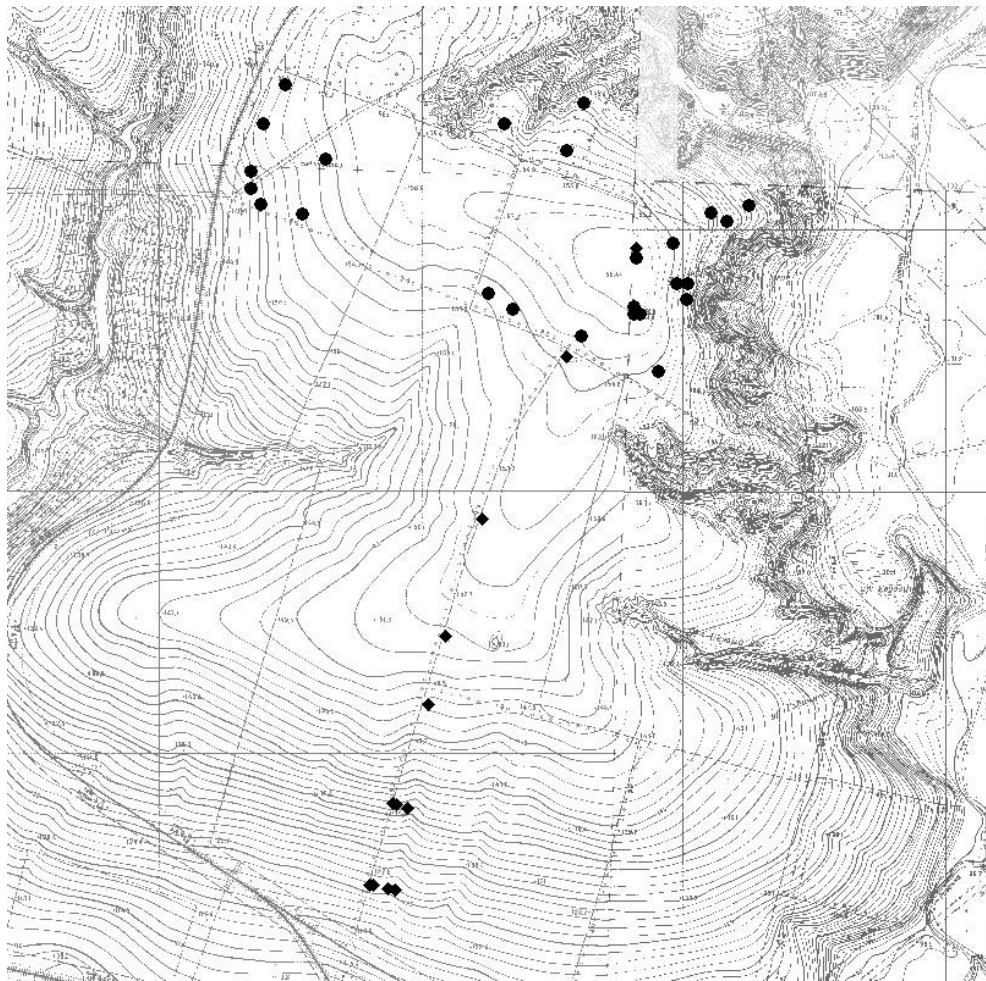
норідних за агрофоном та характером рельєфу. Зразки відбирали у два терміни – наприкінці квітня, та на початку травня (рис. 1). З урахуванням кризового стану сучасної науки та, відповідно, обмежених можливостей виконання досліджень, відбір зразків нами проводився за нерегулярною мережею, з метою мінімізації витрат. Точки відбору зразків були розташовані таким чином, щоб характеристики схилу (експозиція, крутизна, відстань від вододілу) були якомога більш різноманітними (рис. 1).

Отримані результати, таким чином, є, так би мовити, рекогносцирувальними, тобто такими, що дають лише попередні висновки та встановлюють подальші напрямки для детальних досліджень.

Всі отримані результати зведені в одну вибірку, а також розділені за окремими, дрібнішими вибірками, що були більш однорідні за критерієм вибору точок відбору: В1 – загальна вибірка; В2 – травневий відбір; В3 – квітневий відбір; В4 – зразки з полів, де ще не зійшли сходи (загальна за 2 терміни відбору); В5 – зразки з поля під озимою пшеницею, В6 – те же, що й В4, але лише травневий відбір. В подальшому за даними вибірками проведено кореляційний та регресійний аналіз залежностей вологості від параметрів рельєфу з метою вибору найбільш інформативних параметрів, та підтвердження ефективності використання K_{ks} для опису умов зволоження.

В таблиці 1 наведено результат кореляційного аналізу зв'язків між вологістю ґрунту, та розрахованими за цифровою моделлю рельєфа (ЦМР) параметрами рельєфа (крутість схилу (I), показник експозиції схилу (E), відстань від вододілу (L), висота над рівнем моря (h)) і гідротермічними параметрами (коефіцієнти інсоляції (Ki), зволоження (μ) та коефіцієнт ксероморфності (K_{ks}). Методика розрахунку цих параметрів наводиться в наших роботах [1-3].

Як показує аналіз кореляційних зв'язків вологості ґрунту з дослідженими параметрами, найбільш вагомим показником для визначення вологості є коефіцієнт ксероморфності. Найменш впливовим, що фактично не має значення, є висота над рівнем моря.



Умовні позначення
 Точки відбору зразків
 ● Травень, 2015
 ◆ Квітень, 2015

Рис. 1 – Схема розташування точок відбору зразків

Таблиця 1
 Парні коефіцієнти кореляції* вологості 0-10 см шару орного ґрунту Роганського полігону та параметрів, розрахованих за ЦМР

Показник/ вибірка	N	I	E	L	h	Ki	μ	Kкc
Вся вибірка (B1)	34	-0,33	0,35	-0,21	0,26	-0,32	0,33	-0,53
Травень всі (B2)	22	-0,62	-0,11	0,55	0,26	0,07	0,62	-0,70
Без озимих, 2 відбори (B4)	28	-0,35	0,45	-0,26	0,27	-0,59	0,34	-0,53
Без озимих, травень (B6)	16	-0,63	0,04	0,51	0,10	-0,35	0,62	-0,73
Квітень (B3)	12	-0,41	0,72	-0,48	-0,02	-0,31	0,42	-0,38
Озимина (B5)	6	-0,34	0,90	0,86	0,28	-0,49	0,35	-0,77

*Жирним виділено значення, значущі на 95% рівні вірогідності

Крім того, навіть при об'єднанні у одну вибірку даних про вологість з полів з різними агрофонами, та з двохтижневим часовим інтервалом між відборами, вологість значуще корелює з K_{ks} із середньою тісністю, що дає можливість для певної територіальної екстраполяції значень вологості. Однак, що зрозуміло, набагато тісніші зв'язки вологості із використаними параметрами спостерігаються для внутрішньо більш однорідних вибірок за терміном відбору та станом поверхні. Так, між значенням вологості та K_{ks} спостерігається вже тісна кореляція, для більш об'ємної та різ-

норідної за параметрами рельєфу травневої вибірки суттєве значення набувають ухил поверхні та відстань від вододілу. При цьому, для весняного періоду відмінності в агрофоні, на перший погляд, не вносять суттєвого внеску у залежності вологості ґрунту від положення точки в рельєфі. Зростання тісноти зв'язку вологості з показниками експозиції та інсоляції, що використовуються в розрахунках K_{ks} , при незмінній тісноті зв'язку вологості з K_{ks} , не можна вважати підтвердженням впливу саме різниці між агрофонами. Тобто цей аспект потребує подальших досліджень.

Таблиця 2

Регресійні рівняння залежності вологості верхнього шару ґрунту (W) від параметрів, розрахованих за ЦМР

Вибірка	Рівняння	R	R ²
Загальна	$W=108,7855 - 80,2140 K_{ks}$	0,53	0,28
Травень (B2)	$W=129,595 - 101,435 K_{ks} + 0,005 L$	0,85	0,73
Травень (B6)	$W=142,383 - 112,618 K_{ks} + 0,005 L$	0,87	0,76

Регресійні рівняння залежності вологості від K_{ks} та L (табл. 2), отримані методом множинної покрокової регресії для травневої вибірки, дозволяють описати від 73 (без урахування агрофону) до 76% всіх значень, що спостерігаються. Значущими показниками, за якими розраховується вологість для даної вибірки є K_{ks} та відстань

від вододілу. K_{ks} , за методом його розрахунку, враховує також такі параметри рельєфу, як експозиція та крутість схилу.

Зрозуміло, що для більш коректного аналізу необхідно мати більший обсяг вибірки, але попередні результати, на нашу думку, досить обнадійливі.

Висновки

Вологість верхнього 0-10 см шару ґрунту значною мірою обумовлена положенням точки в рельєфі, яке впливає на надходження та витрачання вологи через поверхневий стік та випаровування.

Коефіцієнт ксероморфності, розрахований з урахуванням крутизни схилу та його експозиції, що характеризує відмінність умов зволоження на схилових землях від плакору, може ефективно використовуватись для просторового аналізу та прогнозу вологості ґрунтів на основі аналізу вологості обмеженої кількості зразків та подальшої побудови регресійних моделей.

Однак, багатфакторність впливів на вологість верхнього шару ґрунтів не дозволяє обмежуватись використанням лише

коефіцієнта ксероморфності. Важливим є, також, урахування форми схилу, відстані від вододілу, впливу рослинності та характеру використання ґрунту.

Експертний картографічний аналіз отриманих даних, а також аналіз літературних джерел, дозволяє встановити наступні напрямки досліджень.

1. Розрахунок за ЦМР, та включення в аналіз залежностей вологості автоморфних ґрунтів від рельєфу таких параметрів, як середня, горизонтальна та вертикальна кривизна поверхні та площа водозбору.

2. Проведення подальших польових та камеральних досліджень по виділенню так би мовити "позарельєфних" впливів, тобто тих, що не пов'язані безпосередньо із

рельєфом поверхні - впливом лісосмуг та відмін у характері рослинного покриву на накопичення та перерозподіл вологи, відмін

у вологості, пов'язаних із особливостями ґрунтового покриву та характером його використання.

Література

1. Ачасов А. Б. Деякі аспекти формалізації гідротермічних умов ґрунтоутворення. / А. Б. Ачасов. // Вісник аграрної науки. -2006.-№ 9.- С.17-21.

2. Ачасов А. Б. К вопросу влияния рельефа на гумусированность черноземов / А. Б. Ачасов. // Почвоведение.-2006.-№9.-С. 931-938

3. Ачасов А. Б., Ачасова А. О., Оцінка просторової диференціації гідротермічних умов ґрунтоутворення на рівні мезорельєфу/ А. Б. Ачасов, А. О. Ачасова.// Вісник ХНАУ. – №3. - 2009. – С.51-55

4. Бурькин А. М. Определение водопроницаемости почв в условиях горного рельефа. / А. М. Бурькин // Изв. отд. естеств. наук АН ТаджССР. — 1956. — Вып. 17. — С. 24 — 32.

5. Галущенко Н. Г. Типизация кривых впитывания по экспериментальным данным. / Н. Г. Галущенко. // Труды УкрНИГМИ. – 1967.– вып.69. – С.72-74

6. Гуссак В. Б. Эродированность почв, пути исследования и некоторые связанные с ней проблемы: автореф. дис. на соискание науч. степени докт. с.-х. наук / В. Б. Гуссак. — Ташкент, 1959. — 35 с.

7. Ларионов Г. А. Влияние крутизны склонов на впитывание воды в почву / Г. А. Ларионов // Эрозия почв и русловые процессы. — 1973. — Вып. 3. — С. 142 — 156.

8. Небольсин С. И. Элементарный поверхностный сток. / С. И. Небольсин, П. П. Надеев М.-Л.: Наука, 1937. – 138 с.

9. Перетворення сільського господарства

України на рушійну силу економічного зростання. Стратегія розвитку сектору зернових та олійних культур. (На замовлення Американської торгівельної палати в Україні (Палата) та Європейської бізнес асоціації (ЄБА)). – Режим доступу:

http://www.eba.com.ua/sites/default/files/files/comm_files/grain/EBA_Grain_Strategy_230112.pdf. — 17.06.2015 г.— Назва з титулу сторінки звіту.

10. Протодьяконов М. М. Основные положения современной теории стока поверхностных вод / М. М. Протодьяконов // Максимальный сток с малых бассейнов. — М., 1940. — С.40 — 56.

11. Сурмач Г. П. Изучение водопроницаемости, стока и смыва на каштановых щебнистых почвах правобережья Нижней Волги в целях их мелиорации / Г. П. Сурмач // Тр. Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева. – 1955. — Т. 48. – С. 45 — 70.

12. Швец А. В. К методике прогноза запасов почвенной влаги для отдельных хозяйств / А. В. Швец. // Тр. УкрНИГМИ. – 1965– Вып. 49 – С.45-49.

13. Флоринский И. В. Теория и приложения математико-картографического моделирования рельефа : автореферат дис. ... доктора технических наук : 25.00.33 /И. В. Флоринский ; [Место защиты: Моск. гос. ун-т геодезии и картографии] – М., 2010 – 42 с.

Надійшла до редколегії 22.05.2015