

9. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия. / Н. Дрейпер, Г. Смит // Applied Regression Analysis. – 3-е изд. – М.: Диалектика, 2007. – 912С.  
10. Витинский Ю. И. Преджюринская наблюдательная основа для изучения солнечной цикличности. / Витинский Ю. И. // В сборнике Проблемы солнечной активности. – Л.: 1991. – С.29-42.  
11. <http://www.gao.spb.ru>  
12. Рао С. Р. Линейные статистические методы и их применения / С. Р. Рао. – М.: Наука, 1968. – 376 с.  
13. Рождественский А. В., Статистические методы в гидрологии / А. В. Рождественский, А. И. Чеботарев – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.

14. Голуб Д. Матричные вычисления. / Дж. Голуб, Ч. Ван Лоун// — М.: Мир, 1999. – 548с.  
15. Айвазян С. А.. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности./ С. А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин // М.: Финансы и статистика. - 1989.— 607 с.  
16. Полак Э. Численные методы оптимизации, Единный подход/ Э. Полак// – М: Мир, 1974. – С. 373.  
17. Чипига А. Ф. Анализ методов случайного поиска глобальных экстремумов многомерных функций/ А. Ф. Чипига, Д. А. Колков // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 2 – С. 24-26.

Надійшла до редколегії 23.11.2010

УДК 631.471

**А. Б. АЧАСОВ**, д-р с.-г. наук, **А. О. АЧАСОВА**, канд. с.-г. наук

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

## МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ СУЧАСНОГО ПРОСТОРОВОГО МОНІТОРИНГУ ҐРУНТІВ

Викладена авторська методика ґрунтового картографування на основі дешифрування результатів інтегрального аналізу цифрових моделей рельєфу і космічних знімків у видимому діапазоні. В результаті чого на підготовчому етапі створюється попередній варіант ґрунтової карти, який об'єктивно відображає існуючу неоднорідність ґрунтового покриву. Подальше ґрунтове обстеження має уточнювальний характер та потребує значно менших, ніж при застосуванні традиційної методики витрат часу та праці.

**Ключові слова:** Картографування ґрунтів, цифрові моделі рельєфу, дистанційне зондування, ґрунтове обстеження

**Ачасов А. Б., Ачасова А. А.**

### МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА ПОЧВ

Изложена авторская методика почвенного картирования на основе дешифрирования результатов интегрального анализа цифровых моделей рельефа и космических снимков в оптическом диапазоне. Использование предложенной методики позволяет уже на подготовительном этапе картирования создавать предварительный вариант почвенной карты, который объективно отражает существующую неоднородность почвенного покрова. Дальнейшее полевое почвенное обследование носит уточняющий характер и требует значительно меньших, по сравнению с традиционным почвенным обследованием трудо-временных затрат.

**Ключевые слова:** Почвенное картирование, цифровые модели рельефа, дистанционное зондирование, почвенное обследование

**Achasov A. B., Achasova A. A. THE METHODOICAL BASIS OF MODERN SPATIAL SOIL MONITORING**

Methodica of the automated large-scale mapping of soils is developed on the basis of quantitative integral analysis of topographical materials, remote sensing data and soil maps was showed. As a result of this analysis preliminary soil map is created. The field soil exploration in future to give a more precise definition in preliminary soil map.

**Key words:** soil mapping, digital elevation model, remote sensing, soil exploration.

Про необхідність охорони ґрунтів та відтворення їх родючості як на загальнодержавному так і світовому рівні говорено вже настільки багато, що це положення стало, фактично, "загальним місцем" екологічної проблематики. Достатньо згадати, що обидва Всесвітні форуми з проблем довкілля та ста-

лого розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992; Йоханесбург, 2002) назвали опустелювання та деградацію ґрунтів серед головних загальнопланетарних проблем Людства. Основою прогнозу розвитку деградації ґрунтів та розробки системи заходів по її попередженню та подоланню є, як відомо, моніторинг ґрунтового покриву.

Основу просторового моніторингу ґрунтів України дотепер складають матеріали великомасштабного ґрунтового обстеження 1957-1961 рр., які мають низьку інформативність і не відповідають вимогам сьогодення через їх застарілість та об'єктивні методичні недоліки. Останнє пов'язано з неможливістю на той час використовувати в повній мірі математичні методи обробки та інтерполяції одержаних дискретних даних щодо характеристик ґрунтового покриву. Хоча цей недолік обумовлювався об'єктивними причинами, у першу чергу технічного плану, він призводив до проблем із відтворенням результатів (складанням ґрунтової карти), що є основою будь-якої науки.

Сучасний просторовий екологічний моніторинг ґрунтів не може бути здійснений інакше, ніж із використанням ГІС-технологій. Він однозначно неможливий без достовірної картографічної інформації про ґрунтовий покрив території, що обстежується. "Достовірна інформація" в даному розумінні – така, що максимально адекватно реальності відбиває просторову структуру ґрунтового покриву, враховуючи коректність виділення меж окремих ґрунтових ареалів, вірну діагностику наявності та ступенів еродованості, опідзолення, засолення, осолонцювання тощо. Розвиток ГІС – технологій та методів дистанційного зондування (ДЗ) Землі, значне поширення даних ДЗ в останні роки значно розширюють можливості ґрунтового моніторингу та, зокрема, картографування ґрунтів.

**Метою** статті є демонстрація нових методичних підходів до створення ґрунтово-картографічних матеріалів, як основи просторового моніторингу ґрунтів.

### **Обґрунтування ідеї**

Як відомо великомасштабне картографування ґрунтів має обов'язково спиратися на топографічні карти місцевості або ж матеріали аерокосмічної зйомки. Саме ці матеріали є основою для переведення дискретної інформації про параметри ґрунту в континуальну, картографічну форму. При цьому дані матеріали не повторюють, а доповнюють один одного.

Так, ЦМР і похідні від неї матеріали надають можливість об'єктивно виділити ділянки з однорідними гідротермічними умо-

вами ґрунтоутворення й навіть дозволяють робити прогнозну просторову оцінку таких ґрунтових параметрів як вміст гумусу та глибина профілю. Однак, ці матеріали матимуть два недоліки. По-перше, результати геоінформаційного аналізу рельєфу не враховують фактор материнських і підстиляючих порід, зокрема – гранулометричний склад, що є «матрицею ґрунтоутворення» за Л. О. Карпачевським, а це може суттєво вплинути на результати картографування. По-друге, отримані ґрунтові карти відбивають так би мовити «потенціал ґрунтоутворення» для даної території, що обумовлений впливом рельєфу. Одержані матеріали характеризують квазіцилінний стан ґрунтового покриву без урахування його антропогенних трансформацій.

Дані дистанційного зондування (ДДЗ) в оптичному діапазоні, навпаки, надають сучасну інформацію про спектральну яскравість відкритої поверхні ґрунту, що дозволяє виділяти реальні контури однорідних за кольором ґрунтових ареалів. Недоліком ДДЗ є складність їх апріорної інтерпретації. Наприклад змиті і піщані ґрунти можуть мати однакову яскравість на знімку.

В той же час архівна ґрунтова карта містить фактичну інформацію про властивості ґрунтів даної території, зокрема їх гранулометричний склад і материнські породи. Головною вадою представленої такою картою інформації є її дискретність, а, відповідно, і недостовірність меж ґрунтових виділів.

Отже з'являється приваблива нагода, поєднавши разом всі ці три джерела інформації забезпечити їх взаємозамінність та взаємодоповнюваність, що дозволить отримати ефекту емерджентності при створенні ґрунтових карт. Зокрема, порівняння картограми вмісту гумусу при квазіцилінному стані ґрунту, що одержана за результатами геоінформаційного аналізу рельєфу, та картограми гумусованості ґрунтів, що складена за матеріалами космічної зйомки дає можливість оцінити ступінь дегуміфікації ґрунтів обстеженої території за період її сільськогосподарського використання.

Загальна схема алгоритму створення карти ґрунтів на основі сумісного використання

даних ДЗ, ЦМР та використання архівних матеріалів ґрунтового обстеження наведена на рис. 1. Прототип нової ґрунтової карти створюється в результаті інтегрального аналізу таких матеріалів: матеріалів космічної зйомки території у видимому діапазоні із просторовою роздільною здатністю не менш за 10 м, архівної ґрунтової карти та ЦМР масштабів 1:10000.

#### Об'єкти та методика досліджень

Розглянемо нові інформаційні можливості, що надає інтегральний аналіз даних ДЗ і ЦМР на прикладі ґрунтів агрофірми "Шахтар", Слов'янського району, Донецької обл. Більшість орних ґрунтів господарства пред-

ставлені характерними для території Донбасу чорноземами звичайними. За типом ґрунтоутворних порід їх можна розділити на 3 основні групи: 1) на лесових породах, 2) на щільних глинах і 3) на продуктах вивітрювання піщаників. Відповідно до цього групування змінюється й гранулометричний склад ґрунтів – від супіщаних до середньоглинистих, із суттєвим переважанням легкоглинистих.

Уміст гумусу в шарі 0-10 см коливався від 1% до 6% при середньому значенні 4,6%. За грубизною гумусованої частини профілю обстежені ґрунти варіювали в діапазоні 37-140 см, при середньому значенні 76 см.

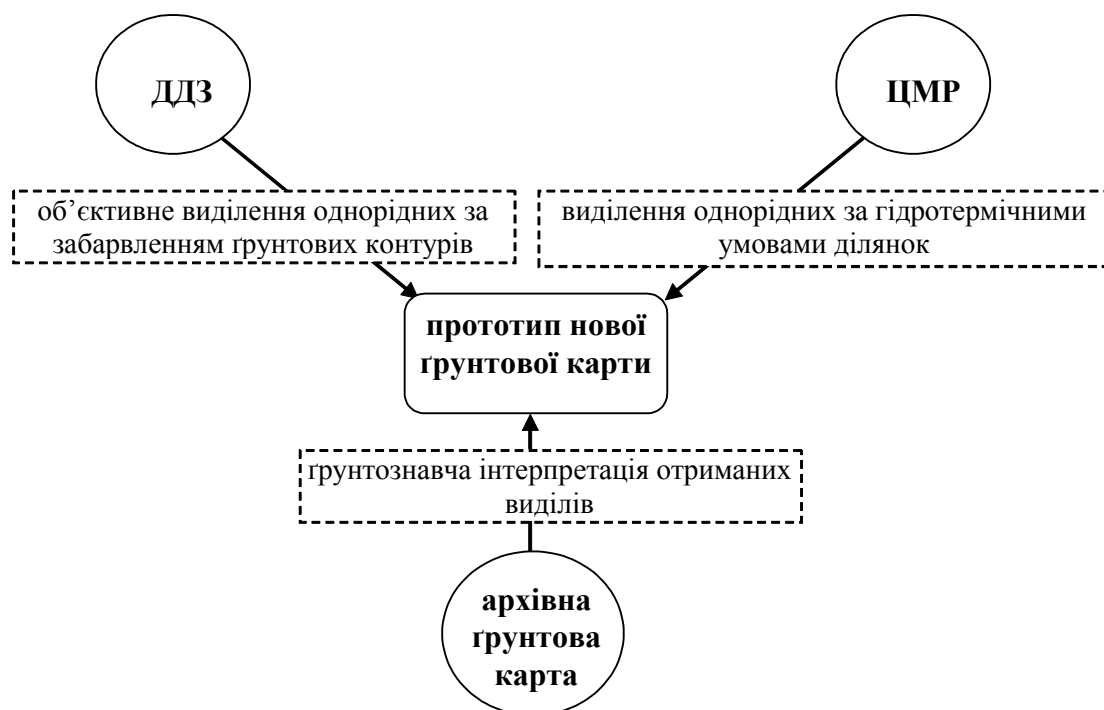


Рис. 1. Схема створення прототипу ґрунтової карти на засадах використання сучасних технологій

**Інтегральний аналіз матеріалів дистанційного зондування й цифрової моделі рельєфу при картографуванні ґрунтів із неоднорідними материнськими породами.**

**Етап 1.** Виконується ґрунтове дешифрування даних ДЗ за допомогою кластерного аналізу.

Кластерний аналіз дозволяє вивчити просторову структуру ґрунтового покриття за відбивними властивостями ґрунтів і виділити ареали з однорідними спектральними характеристиками вже на першому етапі, за відсу-

тності підпольотних спостережень. Змінними в аналізі є значення яскравостей космічних зображень відкритого ґрунту. Рекомендується застосовувати ітеративний метод групування, процедура К-середніх, міра відстані – евклідова.

У випадку, коли одержана в ході аналізу картина є достатньо мозаїчною, без чіткого структурного малюнку, що характерно для такого природного континуального об'єкту яким є ґрунтовий покрив, який не має чітко визначених меж між структурними складо-

вими, необхідно провести генералізацію картосхеми.

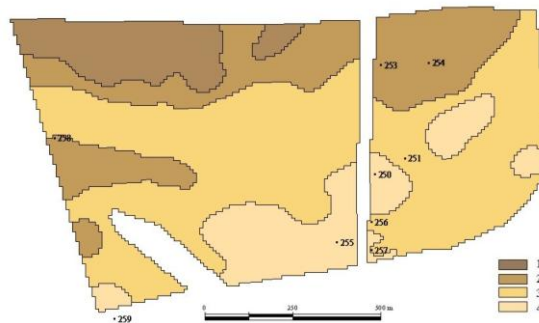
Зазвичай для цього виконується процедура об'єднання кластерів, які мають низький рівень показника розділення. При цьому проводиться постійний експертний контроль за критерієм логічності територіального об'єднання кластерів. Для уникнення ефекту "дрібних острівців", тобто виділів із незначною площею, проводиться додаткова фільтрація зображення методом ковзного вікна.

Кінцевим результатом цієї процедури є картосхема відбивної здатності ґрунтів (рис. 2), на якій виділено чотири класи ґрунтів, що суттєво розрізняються між собою за відбивними здатностями. Перший клас відповідає найбільш темнозабарвленим, четвертий – найсвітлішим ґрунтам.

Одержана картосхема порівнюється з архівною ґрунтовою картою, після чого складається попередній номенклатурний список

ґрунтів. Для даної території (рис.2.): 1 – чорнозем звичайний малогумусний легкоглинистий на лесах; 2- чорнозем звичайний слабогумусований легкоглинистий на лесах; 3 – чорнозем слабогумусований середньосуглинковий на елювії пісковиків; 4 – чорнозем слабогумусований легкосуглинковий на елювії пісковиків.

**Етап 2.** Створюється ЦМР території та похідні від неї картограми параметрів рельєфу, які контролюють надходження до ґрунту тепла та вологи – крутизни та експозиції схилів. Будується картограма значень коефіцієнта ксероморфності (Кк) території, який характеризує однорідні за своїми геоморфологічними характеристиками ділянки. Коефіцієнт ксероморфності в силу своєї фізичної сутності є об'єктивним кількісним критерієм щодо формалізації гідротермічних параметрів ґрунтоутворення й може бути ефективно використаний при ґрунтових дослідженнях.



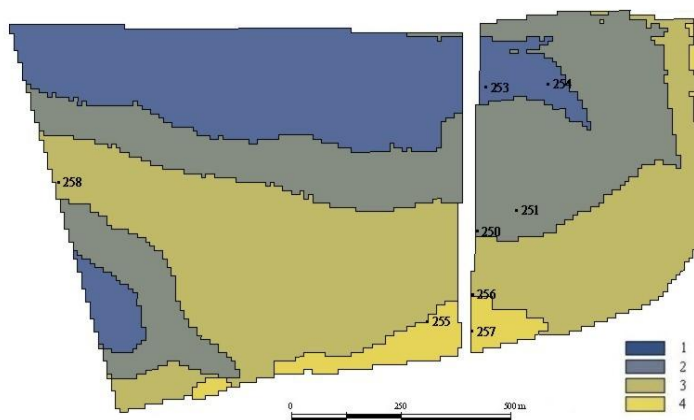
**Рис. 2.** Картосхема відбивної здатності ґрунтів, як результат кластерного аналізу даних космічної зйомки КА IRS. 1,2,3,4 – номери кластерів

Досліджувана територія розділяється (за допомогою кластерного аналізу) на 4 групи земель (зони), що є однорідними за Кк (рис. 3): 1) зона модальних гідротермічних умов, в якій Кк не перевищує значення 1,1; 2) зона слабкої ксероморфності, де значення Кк дорівнює від 1,1 до 1,2; 3) зона середньої ксероморфності, в якій Кк дорівнює від 1,2 до 1,3; 4) зона сильної ксероморфності, де Кк більший за 1,3.

**Етап 3.** Згідно архівної ґрунтової карти досліджувана територія характеризується неоднорідністю літологічної будови – ґрунти її північно-західної частини сформувались на лесоподібних суглинках, а південно-східної – на елювій піщаників. Це обумовило відпо-

відну неоднорідність гранулометричного складу. За таких умов ландшафтні закономірності ґрунтоутворення будуть мати специфічний характер і використання ДДЗ і Кк, як діагностичних показників ґрунту, буде ускладнено. Отже, виникла ситуація, коли "світле" забарвлення ґрунтів на картосхемі відбивної здатності (рис. 2) може бути обумовлена трьома різними причинами: 1) ерозією ґрунту; 2) високим ступенем ксероморфності; 3) легким гранулометричним складом.

Для врахування останнього чинника створюється картограма гранулометричного складу ґрунтів (рис.4).



1)  $K_k < 1,1$ ; 2)  $K_k = 1,1-1,2$ ; 3)  $K_k = 1,2-1,3$ ; 4)  $K_k > 1,3$ .

**Рис. 3.** Картограма однорідних за гідротермічними умовами ділянок



1 - легкоглинистий ГС;  
2 - середньосуглинковий ГС

**Рис. 4.** Картограма гранулометричного складу (ГС) ґрунтів

**Етап 4.** Цей етап в свою чергу можна розділити на декілька ітерацій.

1. Проводиться просторове накладання картограм 2-4. За допомогою кластерного аналізу виділяються всі території, що виникають на перехрещеннях зон гідротермічних умов, кластерів яскравості зображення та ділянок з різним гранулометричним складом. Отримані території надалі будемо називати “контурами”.

На рисунку 5 показано повну картину, що виникає при автоматичному накладанні даних ДЗ і картосхеми ксероморфності поля з урахуванням умісту фізичної глини. Отри-

маний варіант не є оптимальним через зайву “шумову” інформацію, яка проявляється в надмірної мозаїчності й наявності великої кількості дуже дрібних контурів.

2. Проводиться оптимізація картосхеми за таким правилом (рис. 6): окремі контури виділяють лише в тому випадку, якщо їх площа становить не менш за 50% від кожного з виділів на попередніх картограмах. В іншому випадку контур приєднується до одного з сусідніх великих контурів. При цьому вирішальним правилом приєднання буде належність до одного й того ж кластеру яскравостей.



4. Виділяються контури, що виникають на перехрещеннях різнорангових виділів карто-схеми ксероморфності території та карто-схеми яскравості зображення. Особлива увага приділяється контурам, що утворились як результат комбінації рангів  $n$  і  $n+2$ , оскільки приграничний варіант  $n$  і  $n+1$  може бути викликаний певним технічним браком. Приклад: перша зона та третій кластер відповідно. Такий варіант свідчить, що при модальних гідротермічних умовах ґрунти даного контуру мають занижені значення яскравості поверхні, що може бути викликано, як зміною гранулометричного складу та материнської породи, так і впливом ерозії. У такому випадку звертаються до архівної карти. Якщо картографічна інформація підтверджує зміну літологічної серії на даному контурі, його попередньо характеризують згідно номенклатури карти. Якщо за картою материнська порода й гранулометричний склад однорідні по всій території поля – робиться висновок про ймовірно середній ступінь еродованості ґрунтового покриву. Зворотний варіант: контур, що утворився на перехрещенні четвертої зони ксероморфності (слабоксероморфна) й першого кластера яскравості (найтемніші за кольором ґрунти). Імовірно, це результат наміву ґрунту.

Кожен контур рисунку 6 характеризується відповідним шифром, який складається з порядкового номера зони, порядкового номера кластера й значка, що показує гранулометричний склад ґрунту, наприклад:  $1+2/$ .

Наведемо попередню номенклатурну характеристику отриманих контурів: “ $1+1-$ ” – чорнозем звичайний модальний легкоглинистий на лесах; “ $1+2-$ ” – чорнозем звичайний легкоглинистий на лесах у комплексі із чорноземом еродованим; “ $2+3-$ ” – чорнозем звичайний слабоксероморфний легкоглинистий на лесах у комплексі із чорноземом еродованим; “ $3+3-$ ” – чорнозем звичайний середньоксероморфний легкоглинистий на лесах; “ $3+3/$ ” – чорнозем середньоксероморфний середньосуглинковий на елювії пісковиків; “ $3+2-$ ” – чорнозем звичайний середньоксероморфний намитий легкоглинистий на лесах; “ $3+4/$ ” – чорнозем середньоксероморфний еродований середньосуглинковий на

елювії пісковиків; “ $4+4/-$ ” чорнозем сильноксероморфний середньосуглинковий на елювії пісковиків.

Типові й підтипові ознаки ґрунту встановлюються згідно архівної ґрунтової карти. Рід (модальність, еродованість) – на базі сумісного аналізу ДДЗ і картограми ксероморфності території. Літологічна серія й різновидність встановлювались також за ґрунтовою картою.

5. Проводиться генералізація отриманої картосхеми – прототипу нової ґрунтової карти – згідно з метою досліджень й обраним масштабом. Дана процедура виконується на засадах геоінформаційного топологічного аналізу разом з експертним контролем. Можна виділити два види генералізації:

а) фізичний – проводиться усування “острівців” – контурів, що мають незначну площу (декілька пікселів на растровому зображенні). Технічну реалізацію цього пункту рекомендується проводити за допомогою модулю “Morphological Function” ГІС TNTlite. Після додаткового аналізу “острівці” як правило приєднуються до якогось з уже узгоджених контурів, зрідка, у випадку скупчення поодиноких “острівців”, об’єднуються в один великий контур;

б) номенклатурний – проводиться об’єднання контурів стосовно яких у ході аналізу архівних матеріалів доведена їх ґрунтова однорідність або спорідненість (комплексність).

6. Проводиться визначення польових маршрутів і місць закладки розрізів для подальшого польового обстеження. Значною перевагою запропонованого підходу є отримання інтегральної інформації щодо ґрунтового покриву досліджуваної території. Термін “інтегральна” у даному випадку означає, що результуюча карта відбиває, з одного боку, ґрунтоутворюючий потенціал даного ландшафту (через параметр ксероморфності), а, з іншого – сучасний реальний стан ґрунтового покриву (дані ДЗ).

Деякі контури (рис.6) мають однаковий колір, що вказує на можливість їх повного об’єднання згідно попередньому аналізу всіх даних. Необхідність їх детального обстеження залежатиме від завдання та масштабу запланованого ґрунтового обстеження.

Отримана схема ґрунтового покриву даної території кількісно добре узгоджується з нормами традиційного польового обстеження. Це підтверджує об'єктивність і раціональність запропонованої методики створення прототипів ґрунтових карт.

Варто відмітити, що у випадку виявлення частой і контрастній зміні компонентів ґрунтового покриву рекомендовані базовою методикою [5] співвідношення розрізів та прикопок можуть бути змінені вбік збільшення кількості основних розрізів і напів'ям. Залежно від сформованої ситуації ґрунтознавець може збільшувати кількість розрізів на більш складній території й зменшувати на більш простій. Такий же принцип логічно застосовувати й при використанні результатів комбінованого кількісного аналізу ДДЗ і ЦМР. Ураховуючи всю умовність виділення кількості гідротермічних зон і спектральних кластерів, рекомендуємо разом з остаточним варіантом прототипу карти (рис.6) використовувати й попередній негенералізований варіант (рис.5). Під час проведення польового обстеження корисно буде мати обидва варіанти й використовувати їх залежно від реальної ситуації.

Запропонований алгоритм сумісного використання різнопланових матеріалів може бути легко реалізований у вигляді програмного продукту в рамках геоінформаційної системи. Таким чином, з'являється можли-

вість автоматизації процесу одержання попередніх ґрунтових карт із метою їх подальшого використання при польовому ґрунтовому обстеженні. Перевагами такого підходу є його об'єктивність, яка ґрунтується на використанні логіко-статистичних моделей, і уніфікованість, що дозволяє забезпечувати відтворюваність матеріалів.

## 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. Можливості сучасних методів одержання просторової інформації про параметри ґрунтів [Електронний ресурс] / А. Б. Ачасов // Наукові доповіді НАУ. – 2007. – № 2. – С. 1 – 7. - Режим доступу до журн.: <http://www.nbu.gov.ua/e-Journals/nd/2007-2/07aabasc.pdf>
3. Ачасов А. Б. Деякі аспекти картографування ґрунтів з використанням матеріалів космічного зондування / А. Б. Ачасов, С. Р. Трускавецький // Науковий вісник НАУ. – 2003. – № 67. – С. 203 - 210.
4. Евдокимова Т. И. Почвенная съемка / Т. И. Евдокимова. - М.: Изд-во МГУ, 1987. - 270 с.
5. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению великомасштабных почвенных карт землепользований. – М.: Колос, 1973. – 96 с
6. Шатохин А. В. Использование современных технологий при картографировании почвенного покрова Северной Донецкой Степи / А. В. Шатохин, А. Б. Ачасов // Почвоведение. – № 7. – 2005. – С. 790-798.

Надійшла до редколегії 28.12. 2010

УДК 551.282.05 (282.247.314)

**Ю. Д. ШУЙСКИЙ**, д-р геогр. наук, проф.  
**О. А. КОВТУН**, канд. биол. наук

*Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова*

## ФОРМИРОВАНИЕ ОЧАГОВЫХ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ НА АККУМУЛЯТИВНЫХ ФОРМАХ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ МОРЕЙ

Ландшафтные исследования на морских берегах позволили выделить природный комплекс в виде плавней «очагового типа». Они формируются на участках разгрузки вдольбереговых потоков или поперечных миграций наносов, при больших запасах наносов, повышенных значениях слоя волновой переработки, при умеренных уклонах подводного склона и быстром нарастании береговой линии. Их основной элемент представлен малыми межваловыми озерами, длиной до 200-400 м и глубинами до 1,5-3,5 м. Эпизодически в озера приходит морская вода, что означает многократность стресса на природную систему. Плавни этого типа покрывают отдельными очагами («точками») поверхность песчаных аккумулятивных форм береговой зоны, в комплексе они составляют единый ландшафт.

**Ключевые слова:** берег, рельеф, наносы, подводный вал, шторм, озеро, вода, флора, фауна, плавни, ландшафт



