Міністерство освіти і науки України
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
Геолого-географічний факультет

А. В. П'яткова

ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ У ГЕОГРАФІЇ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ

Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 106 Географія

Видавничий дім
«Гельветика»
2021

УДК 911.9+519.876.5

П 995

Рецензенти:

Світличний О. О. – докт. геогр. наук, професор кафедри фізичної географії, природокористування та геоінформаційних технологій Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

Приходько З. В. – канд. геогр. наук, доцент кафедри економічної і соціальної географії і туризму Одеського національного університету імені І. І. Мечникова

Рекомендовано до друку Вченою радою
геолого-географічного факультету ОНУ імені І. І. Мечникова
(протокол № 4 від 2 листопада 2021 року)

П’яткова А. В.

П 995 ГІС-технології у географії та природокористуванні : методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 106 Географія / А. В. П’яткова. – Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2021. – 52 с.

© А. В. П’яткова, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП…….…….. **4**

Характеристика пакету настільного картографування

MapInfo Professional……. **7**

Характеристика пакету аналізу навколишнього середовища *PCRaster*……. **12**

Практична робота № 1.

Створення картографічної бази даних категорій земель…….. **14**

Практична робота № 2.

Просторове та динамічне моделювання у середовищі ГІС…….. **28**

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ

ТА РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ……. **38**

ДОДАТКИ…….……..……. **40**

ВСТУП

Використання геоінформаційних технологій та систем (ГІС) поточного часу стає кожного дня все більше повсякденною необхідністю та навіть звичкою, ніж вузькоспрямованою навичкою спеціалістів з географії, геології, картографії, землеустрою тощо. Використання додатків, таких як *Googlemaps*, *YandexMaps*, *GoogleEarth*, 2*GIS*, або *JPS*-навігаторів, вже стало побутовою необхідністю, яка викликає все менше труднощів у використанні у різних сферах життя різними за підготовкою користувачами. Прокладання маршрутів, пошук місцеположення об'єктів, оцінка відстаней та витраченого часу або пального на поїздку, відстеження посилок, виклик таксі, відстеження місцезнаходження дитини або літньої людини тощо є тривіальними задачами, які виконує будь-який користувач сучасних мобільних додатків. Тим не менше створення точних та наочних електронних карт та/або програмних додатків, які містять ці карти, лишається проблемою вузького спеціаліста, який поєднує знання з географії та інформаційних технологій одночасно. Причому, як показує досвід, знання географічних особливостей території (напрямки за сторонами горизонту, рельєф, рослинний покрив, напрямки течії та інші характеристики) є переважаючими, адже технічне виконання (цифрування або *digitizing*) у чистому вигляді може призвести до викривленого уявлення про місцевість. Тому підготовка географів із знаннями специфіки цифрового обробітку просторових даних є важливою сьогоденною задачею географічної освіти.

Крім того, сучасні методи, які використовуються у середовищі ГІС-технологій значно розширюють можливості географів у сфері моделювання природних процесів та явищ і прогнозування майбутньої ситуації на локальному, регіональному та глобальному рівнях. Математичні та фізичні моделі можуть бути як частково, так і повністю інтегрованими з сучасними ГІС, що дає можливість виконувати складні розрахунки з метою оцінки теперішньої, минулої і майбутньої ситуації з будь-якими кількісними

величинами та якісними показниками. Такі моделі описують кліматичні трансформації, зміни складу атмосферного повітря, вологість ґрунту, проектну урожайність культур, ерозійні втрати ґрунту тощо.

Метою дисципліни «ГІС-технології у географії та природокористуванні» для студентів-магістрів першого року навчання є узагальнення та систематизація теоретичних знань про технології дослідження, обробітку та візуалізації просторових даних будь-якої території з використанням спеціальних програмних додатків.

Одним з завдань, що зазначені у програмі дисципліни, є опанування навичок роботи з ГІС-додатками (*MapInfo Professional*, *PCRaster, QGIS* або ін.), що можливе під час виконання практичних робіт в аудиторних умовах або самостійно. У рамках дисципліни виконанню практичних робіт надається половина аудиторного часу. Загалом на вивчення навчальної дисципліни відводиться 54 години, що становить 1,5 кредити ЄКТС, з них на практичні роботи відведено 16 годин аудиторного часу.

Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «ГІС-технології у географії та природокористуванні» містять 2 великі за змістом та об’ємом практичні роботи, одна з яких виконується у середовищі *MapInfo Professional* 17.0 (у тому числі демонстраційної версії), а інша з використанням мовних та аналітичних можливостей пакету *PCRaster* із детальним описанням ходу виконання кожної з них. Наводяться мета, завдання, обладнання робіт, необхідні матеріали, порядок дій. Матеріал ілюстрований часто у вигляді скріншотів відповідних вікон.

Демонстраційну версію пакету настільного картографування *MapInfo Professional* 17.0.4 (згідно дати останнього звертання 21.01.2021) можна завантажити за посиланням: http://mapinfo.ru/product/mapinfo-professional#estimap-tab-106. Пакет *PCRaster* можна завантажити на офіційному сайті за посиланням https://pcraster.geo.uu.nl.

Під час виконання робіт студенти опановують навички прив’язки растрів, оцифровування просторових об’єктів, редагування топології,

виконання геометричних обчислень (площа, довжина об’єктів), визначення координат, створення баз даних, зв’язування двох і більше просторових об’єктів, формування легенди карти, створення якісних картографічних звітів, моделювання ерозійних втрат ґрунту, моделювання потенційно можливої урожайності у заданих природно-господарських умовах і аналізу отриманих результатів.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПАКЕТУ НАСТІЛЬНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ *MAPINFO PROFESSIONAL*

Пакет *MapInfo Professional* (*MapInfo Pro*) розроблений фірмою *Mapping Information Systems Corporation* (США, Нью-Йорк) під час інтенсивного освоєння комерційного простору персональними комп'ютерами та настільними ГІС. Перша (*DOS*) версія пакета випущена у 1987 році, однак уже на початку 90-х років XX ст. вийшла *Windows*-версія, що дозволило пакету зайняти лідируючі позиції серед класу настільних (*desktop*) інструментальних ГІС, які він зберігає до цього часу.

Поточного часу актуальною версією є *MapInfo Professional* v.19.0.2, яка доступна на сайті офіційного представника *Precisely*. У грудні 2019 року компанія *Syncsort*, заснована у 1968 році, придбала у північноамериканського виробника програмних та апаратних продуктів *Pitney Bowes Software* бізнес, таким чином поєднавши досвід двох компаній в області отримання, переробки та перетворення даних. У свою чергу *Pitney Bowes Software* ще у 2007 році поглинула *Mapping Information Systems Corporation*.

У травні 2020 року *Syncsort* заявила про глобальний ребрендинг та перейменування. Зараз компанія зветься *Precisely*. Вона значно збільшила портфель продуктів та розширила коло своїх технологій.

Єдиний офіційний дистриб'ютор *Precisely* на пострадянському просторі, який реалізує ключові програмні продукти, такі як *MapInfo Pro*, *Spectrum Spatial*, *MapXtreme* та ін., є ТОВ «ЕСТІ МАП».

MapInfo Pro надає можливість редагувати і створювати первинні електронні карти. Оцифрування можливе як за допомогою дигітайзера, так і за сканованим зображенням. Пакет підтримує растрові формати *GIF, JPEG, TIFF, PCX, BMP, TGA* (*Targa*), *BIL* (*SPOT*-супутникові фотографії) та ін. Універсальний транслятор *MapInfo Pro* імпортує карти, створені у форматах інших геоінформаційних і САПР-систем: *AutoCAD* (*DXF*, *DWG*), *Intergraph*/*MicroStation Design* (*DGN*), *ESRI* (*Shp*), *AtlasGIS*, *ARC/INFO Export*

(*E00*) та ін. Цифрова інформація з *GPS* (навігаційних приладів глобального позиціонування) та інших електронних приладів вводиться в *MapInfo Pro* без використання додаткових програм.

Дані в *MapInfo Pro* організовані у вигляді кількох однойменних файлів, що несуть певне функціональне навантаження. Виклик карти в *MapInfo Pro* здійснюється за допомогою головного блока з розширенням *tab***,** що містить інформацію про тип картографічних даних і пов'язані з ними атрибутивні дані. Файли з розширенням *dat* містять геокодовану інформацію (інформацію про географічні координати просторових об'єктів). Зв'язок з атрибутивними даними в реляційних таблицях здійснюється за допомогою файлів-ідентифікаторів з розширеннями *id* і *idn*.

Обмінним форматом пакета *MapInfo Professional* є формат *MIF*. Це текстовий *ASCII*-файл, що дозволяє повністю описати базу даних *MapInfo Professional*. У MIF-файли записується як графічна, так і числова інформація. Причому графічні дані зберігаються у файл із розширенням *mif*, а числові – у файл із розширенням *mid.* Файли формату обміну MapInfo Pro можуть бути перетворені у формати, доступні іншим програмам. У *MapInfo Professional* можна працювати з даними у форматах *Excel*, *Access*, *xBASE*, *Lotus* 1-2-3 і текстовому форматі. Конвертація файлів даних не потрібна. До записів у цих файлах додаються картографічні об'єкти. Дані різних форматів можуть використовуватися одночасно. В одному сеансі роботи з MapInfo можна мати доступ до віддалених баз даних *Oracle*, *SYBASE*, *Informix*, *Ingres*, *QE Lib*, *DB*2, *Microsoft SQL* та ін.

Просторові дані у *MapInfo Pro* можуть бути описані за допомогою векторних моделей, які утворюються трьома типами даних:

- точками (точковими об’єктами);

- лініями (полілініями або лінійними об’єктами);

- полігонами (ареалами, областями або площинними об’єктами).

Функціональні можливості пакета можна охарактеризувати таким чином:

- створення точкових, лінійних, площинних об'єктів; тексту; буферних зон та інших просторових об'єктів;

- модифікація стилю оформлення об'єкта і типів об'єктів;

- зміна положення вузлів як одного об'єкта, так і групи об'єктів;

- оверлейні операції: об'єднання, розрізування, видалення зовнішньої частини, що перекриває;

- формування карт із різних шарів, контроль за відображенням шарів і особливостями їх візуалізації залежно від масштабу;

- створення тематичних карт і легенд до них;

- пошук і геокодування об'єктів;

- можливість переходу від проекції до проекції і створення власних проекцій та еліпсоїдів.

Аналітичні можливості пакета *MapInfo Pro* достатні для розв'язання широкого спектра завдань. Пакет дозволяє вимірювати відстань, довжину, периметр і площу, обчислювати кількість, суму, середнє, мінімальне, максимальне і середнє зважене, виконувати аналіз географічного збігу і включення, а також текстові зіставлення. Нарешті, він має в розпорядженні інструментальні засоби й опції, щоб одержати інформацію з наявних даних:

- *Info Tool* (Інформація) – надає можливість одержувати інформацію із бази даних у будь-якій точці карти для всіх об'єктів, розміщених на ній;

- *Statistics Tool* (Статистика) – показує суму і середнє число всіх числових полів на всіх записах на поточному виборі; динамічно змінюється з вибором;

- *Calculate Statistics Option* (Обчислення статистичних параметрів) – обчислює мінімум, максимум, амплітуду, суму, середнє, варіацію і середньоквадратичне відхилення одиничного числового стовпця всіх записів при поточному виборі.

Мова програмування *MapBasic* дозволяє створювати на базі *MapInfo Pro* власні геоінформаційні системи. *MapBasic* підтримує обмін

даними між процесами (*DDE*, *DLL*, *RPC*, *XCMD*, *XFCN*), інтеграцію в програму *SQL*-запитів. Спільне використання *MapInfo Pro* і середовища розробки *MapBasic* дає можливість кожному створити свою власну ГІС для розв'язання конкретних прикладних завдань.

MapBasic містить більше ніж 300 операторів і функцій та характеризується такими рисами, як:

- гнучкість – модульна структура програми, організація циклів, керування процесами, можливість обробки похибок і відгуків на події;

- відкритість – виклик динамічних бібліотек (*DLL*) або програм, що виконуються, з *MapBasic*-додатка. Команди мови *MapBasic* через *DDE* чи *OLE Automation* дозволяють керувати пакетом *MapInfo Pro* з інших Windows-додатків. Доступ до віддалених баз даних через ODBC;

- модифікованість – можливість модифікації меню *MapInfo Pro* і створення власної специфічної системи меню, діалогів і панелей інструментів.

Версії пакета локалізовані більше ніж на 20 мовах. Зокрема, виконана локалізація пакета *MapInfo*/*MapBasic* Professional на російську мову. У постачання російської версії *MapInfo Pro* входять бібліотеки умовних знаків, ряд утиліт і *CAD*-функцій, що розширюють можливості пакета відповідно до вимог російського ринку геоінформаційних систем.

Робота у середовищі пакету *MapInfo Pro* потребує знання деяких специфічних понять та термінів. Деякі з них наведені нижче.

Шар – набір однотипних векторних графічних даних. Основний спосіб прредставлення даних у *MapInfo Pro* – таблиці у вікні Карти. Причому Карта може складатися з декількох шарів. Крім векторних шарів у вікні Карти можуть знаходитися растрові шари, тематичні шари та Косметичний шар. Самим верхнім шаром завжди є Косметичний шар, дані якого містяться у спеціальній тимчасовій таблиці.

Таблиця – основна інформаційна одиниця *MapInfo Pro*. На відміну від звичайного поняття «таблиці», у *MapInfo Pro* вона являє собою шар,

прив’язаний до атрибутивної таблиці (із колонками та рядками), і відповідає Карті. Кожний рядок таблиці відповідає окремому географічному об’єкту. Кожна колонка (стовпчик) містить певний атрибут, притаманний даному географічному об’єкту. Таке представлення даних дає змогу застосовувати методи ділової графіки для візуалізації статистичної, економічної і іншої просторово-часової інформації. Кожній таблиці відповідає один шар. Для відображення таблиці у вигляді стовпчиків та рядків у *MapInfo Pro* використовують Список.

Робочий набір – сукупність даних (таблиць та шарів), яка дозволяє створювати складну картографічну композицію. У Робочому наборі запам’ятовуються імена таблиць, вікна, допоміжні вікна, їх положення на екрані. Тобто користувач має змогу зберегти робочий стан вікон *MapInfo Pro* і викликувати його у наступних сеансах роботи. При завантаженні Робочий набір відкриє всі таблиці та вікна у тому розташуванні, як вони знаходились напередодні у момент збереження робочого набору.

Легенда – список умовних позначень, який використовується картою чи графіком.

Звіт – сукупність графічних даних, яка призначена для виводу на друк. Звіт може містити декілька вікон (фреймів), у яких розміщується різна інформація: карти, легенди, графіки, додаткові підписи тощо.

Проекція карти – математична модель, яка здійснює проектування кожної точки земної поверхні на карту. У залежності від вибору виду проекції (способу передачі координат) візуальне відображення однієї й тієї ж карти буде різним. Кожна проекція задається набором параметрів. Відмінність між проекціями підкреслюється різними видами координатної сітки.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПАКЕТУ АНАЛІЗУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА *PCRASTER*

Пакет *PCRaster* розроблений на кафедрі фізичної географії Університету м. Утрехт (Нідерланди) у 1991 році. З того часу пакет потерпав багато змін і поточного часу у 64-х бітовій версії 4.1.3 він працює під управлінням операційних систем Windows та Linux.

З моменту його першого впровадження та до теперішнього часу можливості пакету значно розширились, але він і досі лишається програмним додатком, який вільно розповсюджується не для комерційного використання, а відповідно до Ліцензії на вільне програмне забезпечення (*General Public Licence*). Аналітичні та мовні можливості пакету дуже широкі, що дозволяє інтегрувати його із математичними та фізичними моделями складних природних процесів та явищ, які протікають у ґрунті, атмосфері, рослинному покриві тощо.

PCRaster являє собою набір інструментів (команд), які забезпечують збереження, маніпулювання, аналіз та представлення географічної інформації. Пакет, за словами розробників, не є повноцінним і потребує використання паралельно з іншими растровими пакетами. Наприклад, такі функції як дигітизування або підготовка проектів на друк не передбачені у пакеті. Тим не менше, інформація про тип даних додається до всіх масивів, що строго контролюється у середовищі пакету. За типом просторової інформації карти пакету поділяються на булівські, номінальні, порядкові, скалярні, напрямків та ліній току. Кожен тип даних включає специфічні вимоги до обсягу пам’яті комп’ютеру, аналізу та маніпулювання ними.

Маніпулювання даними у середовищі пакету містить такі функції як створення карт, імпорт та експорт геоданих, аналіз.

Оскільки *PCRaster* є достатньо відкритою системою, його структура дозволяє виконувати інтегрування із класичними ГІС-функціями (управління даними, вивід інформації на екран). При цьому модулі динамічного та

просторового аналізу й моделювання інтегровані із традиційними ГІС-модулями на високому рівні, що означає поєднання у єдину мову внутрішнього програмування як традиційних операцій ГІС (геометричний аналіз, буферний аналіз тощо), так і динамічного моделювання.

Блок картографічного моделювання містить оператори для аналізу карт. Набір операторів відповідає концепції картографічної алгебри і моделювання (концепція пакету *MAP* (*Map Algebra Package*), розробленого С. Д. Томліном). Ця частина пакету містить оператори, які вносять зміни до властивостей комірок растру. Ці зміни виконуються на базі певних видів залежності всередині комірок (локальні операції - *point operations*) або між комірками (фокальні операції – *neighborhood operations*; зональні операції – *area operations*; площинні операції – *map operations*).

Особливо цінними для географа є набори операцій, пов’язані із аналізом цифрової моделі рельєфу (*Digital Elevation Model*), такі як обчислення ухилів, експозицій, поперечної та поздовжньої кривизни поверхні, створення карт ліній току, вище лежачих елементів, найкоротших відстаней та деякі інші.

Оскільки пакет *PCRaster* не має свого інтерфейсу, його запускають через можливості системи управління *Windows*, або, що найбільш зручно – через файлові менеджери, наприклад, *Windows (Total) Commander*, які підтримують традицію двохпанельних файлових менеджерів.

Практична робота № 1.
СТВОРЕННЯ КАРТОГРАФІЧНОЇ БАЗИ ДАНИХ КАТЕГОРІЙ ЗЕМЕЛЬ

Мета: створити картографічну базу даних з визначенням категорій земель.

Завдання: 1) виконати прив'язку растрових зображень (топографічної карти та фрагменту космічного знімку території дослідження);

2) дати стислу фізико-географічну території дослідження за наведеним планом;

3) оцифрувати населені пункти та ввести атрибутивну інформацію у базу даних;

4) оцифрувати транспортні шляхи та ввести атрибутивну інформацію про окремі сегменти мережі у базу даних;

5) оцифрувати окремі категорії земель та заповнити атрибутивну таблицю даними про категорії угідь у межах території дослідження;

6) виконати експлікацію земель території дослідження;

7) створити картографічний звіт.

Обладнання та матеріали: електронний варіант листа топографічної карти масштабу 1:100000, фрагмент космічного знімка, Публічна кадастрова карта України (у режимі онлайн), пакет *MapInfo Professional* 17.0 (допускається демонстраційна версія пакету).

Час виконання: 10 годин аудиторних занять, 12 годин самостійної роботи.

Пояснення

Завдання 1. Запустити *MapInfo Professional* (зазвичай з Робочого столу або через клавішу Пуск/Програми).

Виконати прив'язку листа топографічної карти масштабу 1:100000. Для цього необхідно у Головному меню відкрити підменю Таблиця, натиснувши відповідну іконку (рис. 1), знайти відповідний каталог та відповідний растровий файл (*.tiff*, *.jpg*, *.jpeg, .gif, .bmp*).

Каталог створюється заздалегідь, йому надається назва за прізвищем студента та всі виконані роботи, нові файли (текстові, табличні, графічні), робочі набори зберігаються у ньому. Каталог є звітом студента про виконані практичних робіт з дисципліни.

У діалоговому вікні обрати функцію Реєструвати. Обрати необхідну проекцію (у даному випадку – Довгота/Широта (*WGS* 84)), одиниці вимірювання (градуси).

За допомогою курсору миші точно у лівому куті карти встановити першу контрольну точку (рис. 1). Після натискання клавіші Додати ввести координати контрольної точки – *X* на карті та *Y* на карті. Координата *X* відповідає географічній довготі, відповідно координата *Y* – географічній широті місцевості. *X* на растрі та *Y* на растрі не змінюються. Кутові координати листа топографічної карти обов'язково необхідно перетворити у десяткові долі градусу. Наприклад, 30º30′=30,5º, 47º20′=47,33333º. Натиснути ОК.

Процедуру введення координат необхідно повторити для всіх кутів карти. Помилка не повинна перевищувати значення 4. При більших помилках операцію треба повторити заново, або перевірити введення координат для кожної точки (куту карти) і виправити їх за допомогою кнопки Правка…

Виконати реєстрацію космічного знімка. Так же як і у випадку реєстрації топографічної карти у меню Головна натиснути іконку Таблиця і у своєму каталозі знайти растровий файл, який містить фрагмент космічного знімку. Вибрати варіант Реєструвати. На знімку є координатна сітка з підписаними широтою та довготою у системі *WGS* 84 у десятковому форматі. Наприклад, E29.65 – довгота, відповідно координата *X* для введення у *MapInfo Professional*, та N47.955 – широта, і для введення – координата *Y*) (рис. 2).

Після вибору проекції та одиниць вимірювання, ввести координати контрольних точок (не менше 4-х). Контрольні точки встановлюються на перехрестях координатної сітки. Вони не повинні знаходитися на одній лінії, або в одному квадраті сітки.

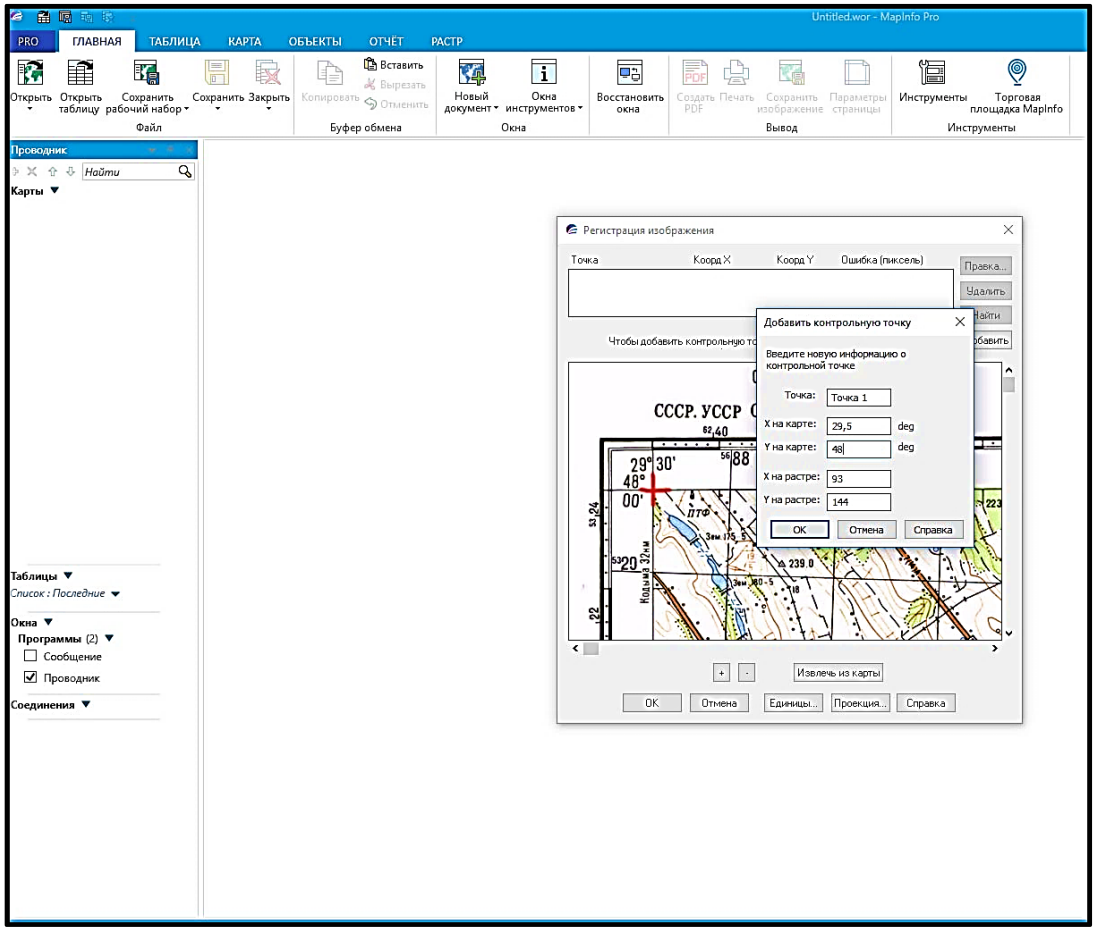


Рис. 1. Реєстрація топографічної карти (введення координат)

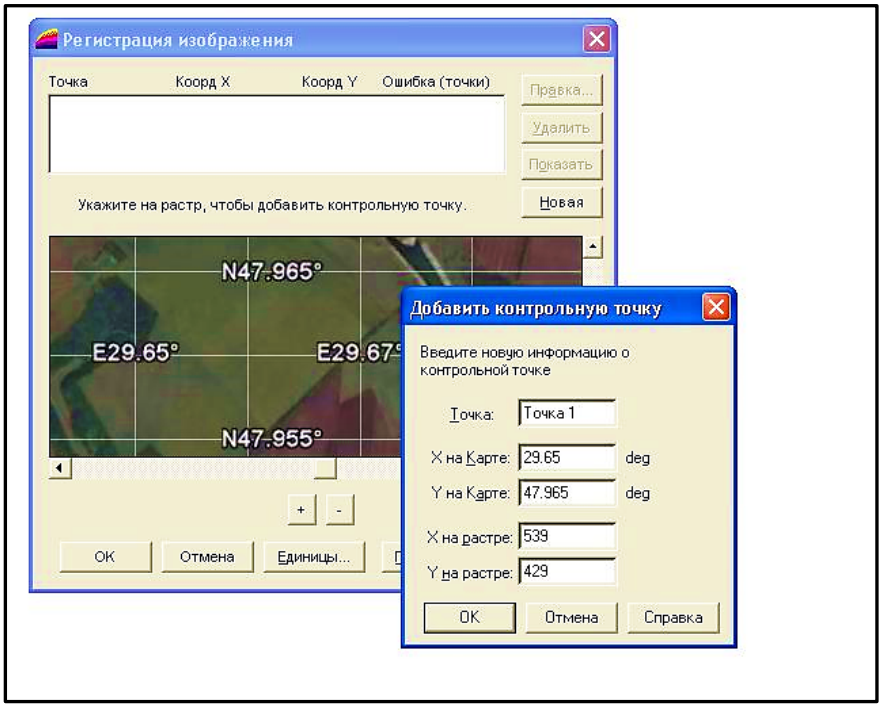


Рис. 2. Реєстрація фрагмента космічного знімку

Якщо після введення відповідних координат контрольних точок помилка складатиме більше 4, слід виправити значення координат або повторити реєстрацію знову. Після успішної реєстрації фрагмент космознімку точно відповідає відповідному фрагменту топокарти (рис. 3).

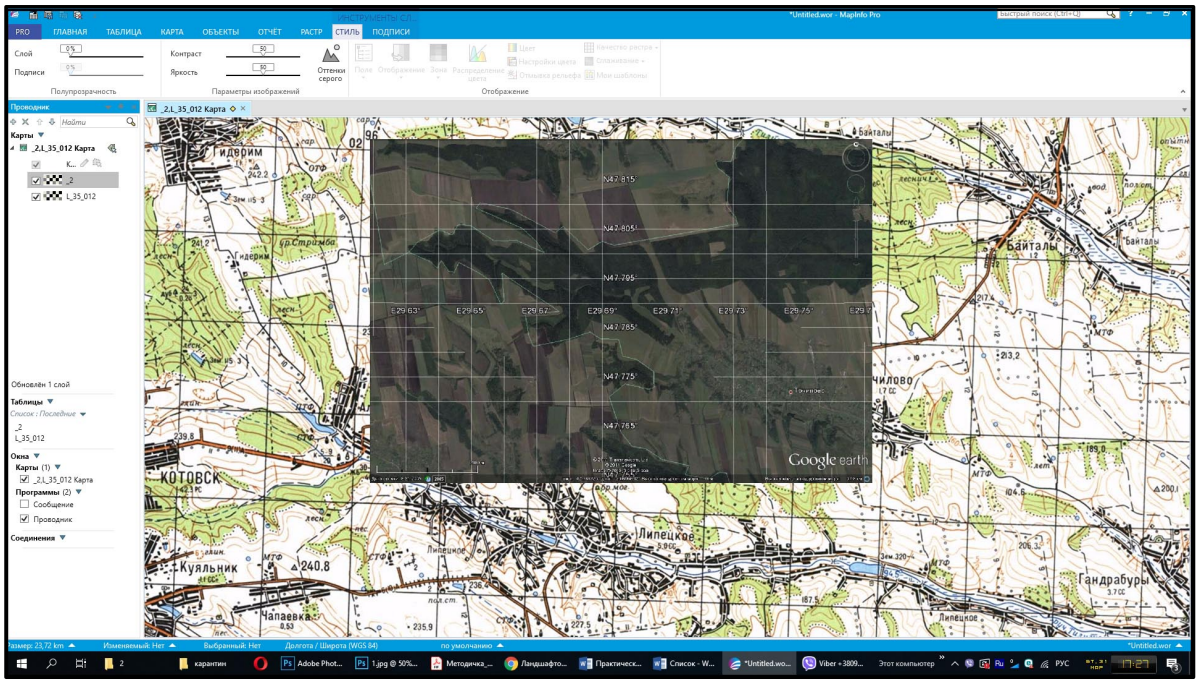


Рис. 3. Відповідність топографічної основи та фрагменту космічного знімка при успішній прив'язці растрів

Завдання 2. Після реєстрації топографічної карти та космічного знімка виконати географічну характеристику території.

Характеристика виконується у окремому текстовому файлі формату .txt, .doc, .doxc. для території, обмеженої космічним знімком.

1) Географічне положення (район Одеської області, координати крайніх точок знімку (південь, північ, захід, схід), площа, протяжність з півночі на південь та із заходу на схід, назви населених пунктів, гідрологічних об'єктів, наявність лісових масивів, садків, транспортних магістралей інших видатних об'єктів (кар'єри, виноградники, військові полігони тощо). Для об'єктів необхідно вказати, у якій частині території дослідження вони знаходяться. Наприклад, у центрі, на південному сході, на півночі.

Координати точок на карті (або знімку) визначаються з використанням функціїї Положення курсору (нижній лівий кут вікна *MapInfo Professional*, вкладка Розмір) (рис. 5).

Протяжність території вимірюється за допомогою Лінійки (меню Карта/Інструменти карти/Лінійка). Відстані вказуються у кілометрах (км).

Площа розраховується, як добуток ширини та довжини території дослідження (фрагменту космічного знімка). Одиниці вимірювання – км^2.

2) Рельєф (макроформа – Причорноморська низовина, Подільська височина, Молдавська височина (у залежності від місцеположення території дослідження); наявність мезоформ – балки, долини річок, заплави крупних річок, великі яри; відносні висоти – перевищення вододілів над днищами (заплавами) (визначається за топографічною картою); ширина балок, долин річок, заплав (вимірюється лінійкою у *MapInfo Professional*); розчленованість схилів ярами або лощинами, промиїнами; крутизна схилів (визначається за густотою горизонталей на топографічній карті)).

3) Клімат. Визначити найближчу до території дослідження метестанцію і для неї дати наступні характеристики клімату: температура повітря (середньорічна, пересічна для літа, пересічна для зими, максимальна та мінімальна); атмосферні опади (пересічні за рік, максимальні та мінімальні протягом року); небезпечні метеорологічні явища. Дані отримуються з Інтернет та інших джерел.

4) Гідрографія. Дати стислу характеристику водних об’єктів, які зустрічаються у межах території дослідження (річки, лимани, озера, ставки).

5) Грунтовий покрив. Навести стислу характеристику грунтів території дослідження (додаток А). Відмітити наявність заболочених ділянок або пісків у межах території дослідження.

Завдання 3. Створити нову таблицю *MapInfo Professional* для населених пунктів території дослідження. Структура таблиці містить три поля: 1) назва (тип – символьне, кількість символів 20); 2) тип поселення

(символьне, 10) – *місто, село, хутір, селище міського типу*; 3) площа (десяткове, знаків 12, після коми 2).

Назва кожного поля таблиці записується у рядок Ім’я. Назва полів записуються без пробілів. Між словами використовують нижнє підкреслювання. Нове поле створюється за допомогою кнопки Додати поле. Після створення таблиці та перевірки правильності введення всіх полів натиснути Створити. Новому файлові дати ім’я Населені пункти+прізвище студента. Зберегти створений файл у робочому каталозі.

При оцифровуванні використовуються знімок та карта. Управління видимістю здійснюється за допомогою бічної робочої панелі інструментів (рис. 4). Шар з населеними пунктами необхідно зробити доступним для редагування. На панелі Об’єкти вибрати підменю Об’єкти/Полігон. У підменю Стиль установити параметри заповнення площі полігону (Стиль полігону: рисунок, колір, колір фону, межа). Натиснути ОК.

Обвести контури всіх населених пунктів у межах космічного знімку. Межа проводиться вздовж крайніх будівель та присадибних ділянок. Для виправлення неточностей використовують інструмент Переміщення загальних вузлів у підменю Вузли. Зберегти результати роботи (меню Головне, Зберегти).

Ввести атрибутивні дані. Для цього використовують інструмент **i** у меню Карта, підменю Інструменти карти (рис. 5). Назва населеного пункту визначається за топографічною картою. Тип населеного пункту визначають за топокартою та уточнюють за Інтернет джерелами.

Для визначення площі використовують операцію Оновити колонку у меню Таблиця. У діалоговому вікні оновлення колонки у списку Оновити таблицю обрати Населені пункти Прізвище. У списку Оновити колонку обрати поле Площа. Навпроти рядка Значення натиснути кнопку Скласти. У діалоговому вікні Вираз відкрити список функції та обрати *Area*. Після появи рядка *Area(obj, “sq km”)* натиснути ОК у вікні Вираз та ОК у вікні

Оновити колонку. У вікні списку, яке автоматично відкриється, необхідно контролювати введення нових значень у колонці Площа.

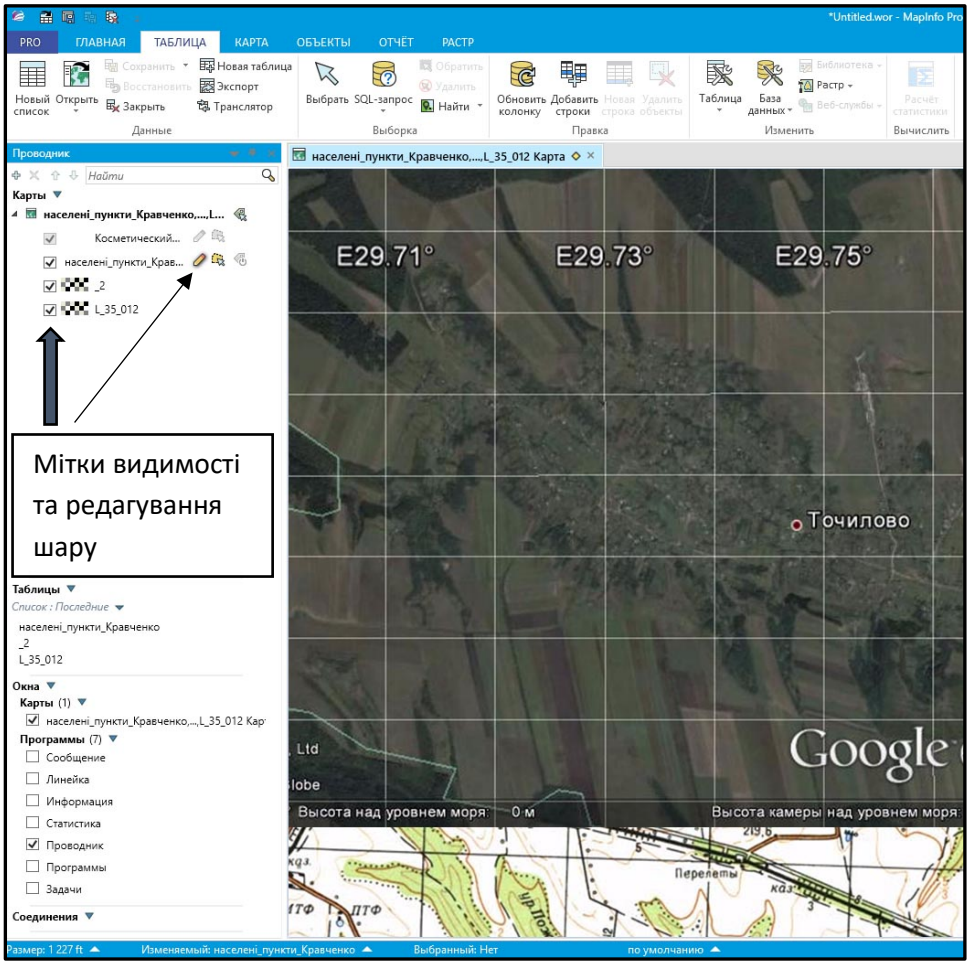


Рис. 4. Управління видимістю шарів

Зберегти результати (меню Головне, Зберегти).

Завдання 4. Створити нову таблицю для оцифровування транспортних шляхів. Для цього у меню Файл виконується операція Нова таблиця, як і у попередньому завданні. У вікні Нова таблиця прибрати мітку Показати картою, і додати мітку Додати до карти. У діалоговому вікні Створити структуру таблиці додати чотири поля: тип (символьне, 10), статус (ціле), тип покриття (символьне, 10), довжина (десяткове, 12, 2).

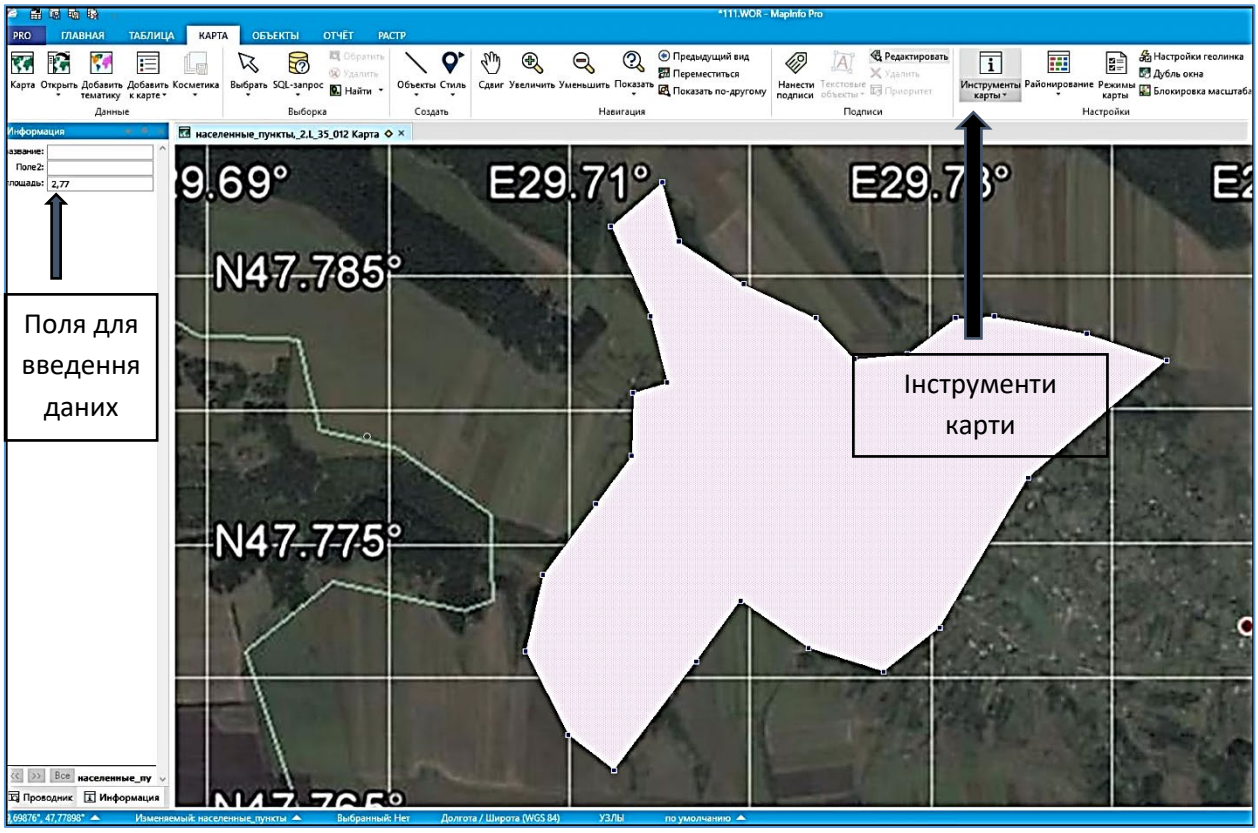


Рис. 5. Інструменти карти та введення атрибутивних даних

Після перевірки правильності введення назви полів та їх типів натиснути кнопку Створити. Новому файлові надати назву Транспортна мережа+Прізвище. Зберегти файл у особистому робочому каталозі.

Виконати оцифровування ліній транспортної мережі. Для цього у меню Об’єкти вибрати інструмент Полілінія. Задати параметри ліній – для кожного типу доріг свої. Обвести вздовж осьової лінії всі дороги у межах території дослідження. Одну лінію необхідно проводити вздовж однотипної дороги, тобто не можна починати обводити, наприклад, магістральне шосе і закінчувати лінії вздовж ґрунтової дороги. Після перевірки та виправлення дефектів оцифровування за допомогою управління вузлами (меню Вузли, інструмент Переміщення загальних вузлів), зберегти файл.

Ввести атрибути транспортної мережі. Для цього необхідно, як і у завданні з населеними пунктами, скористатися інструментом **i** у підменю Інструменти карти (рис. 8). Активною кнопкою **i** кликнути на відповідну

лінію дороги та ввести дані: 1) тип дороги – залізниці, автомобільні (визначаються за умовними знаками топографічної карти); 2) статус – однопутні або двопутні для залізниць і шосе або грунтові дороги для автомобільних шляхів (визначаються за умовними знаками топографічної карти); 3) тип покриття – асфальтована або грунтова (визначається за космічним знімком та умовними знакакми топографічної карти).

Довжина ліній транспортних шляхів визначається з використанням операції Оновити колонку у меню Таблиця. У списку Оновити таблицю обрати Транспортна мережа+Прізвище. У списку Оновити колонку обрати поле Довжина. У рядку Значення натиснути кнопку Скласти і у діалоговому вікні відкрити список Функції. Обрати функцію *ObjectLen*. Після появи рядку *ObjectLen*(*obj*, "*km*") натиснути ОК. У вікні Оновити колонку також натиснути ОК. Впродовж роботи контролювати у таблиці введення значень Довжина у відповідному полі.

Зберегти результати роботи.

Завдання 5. Створити нову таблицю *MapInfo Professional* для категорій земельних угідь території дослідження. У діалоговому вікні Створити структуру таблиці необхідно додати чотири нових поля: 1) номер ділянки (символьне, 3); 2) категорія земель (символьне, 20); 3) цільове призначення (символьне, 30); 4) площа (десяткове, 12, 2) 5) тип власності (символьне, 15); 6) примітки (символьне, 20). Після визначення кожного поля таблиці новому файлові надати ім'я Категорії угідь+Прізвище. Зберегти файл у особистому каталозі.

Ретельно дослідити космічний знімок, топографічну основу, Публічну кадастрову карту України для території дослідження (відповідає фрагменту космознімку) з метою визначення кількості типів категорій земель у її межах та типів власності.

Виконати оцифровування типів угідь у межах території дослідження. Для цього використовується інструмент Полігон з меню Об'єкти. У підменю Стиль установити параметри заповнення полігонів на власний розсуд. Стилі

полігонів мають бути різні для різних категорій земель (орні землі, пасовища, лісові масиви, промислові землі, природоохоронні території). Після визначення всіх параметрів натиснути ОК.

Під час оцифровування категорій земель для зменшення помилок та дефектів на пригранічних територіях використовується режим автозахоплення. Для цього у меню Об'єкти, підменю Вузли активується функція Прив'язка до вузлів. При активації цієї функції виконується автоматичний пошук та накладення кутових точок та меж ділянок, які примикають одна до одної.

Всі земельні ділянки, які відносяться до різних категорій земель за цільовим призначенням повністю необхідно оцифрувати за візуальними дешифрувальними ознаками – характер поверхні, характер рослинності, антропогенні об'єкти. Деякі приклади дешифрувальних ознак наведені у додатку В. Слід звернути увагу на те, що орні земля займають найбільші площі. Тому слід спочатку оцифровувати менші за площею об'єкти (лісові масиви, садки тощо) і потім загальними великими масивами оцифрувати рілля.

Ввести атрибути категорій земель у відповідну таблицю. Номери ділянок вводяться згідно із порядком їх оцифровування. Цільове призначення визначається за космознімком та Публічною кадастровою картою України. У базі даних записується маленька літера від ***а*** до ***ж*** згідно прийнятих у Земельному кодексі України категорій.

Землі України за основним цільовим призначенням поділяються на такі категорії (згідно із Земельним кодексом України від 25.10.2001 №2768-III):

а) землі сільськогосподарського призначення;

б) землі житлової та громадської забудови;

в) землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення;

г) землі оздоровчого призначення;

ґ) землі рекреаційного призначення;

д) землі історико-культурного призначення;

е) землі лісогосподарського призначення;

є) землі водного фонду;

ж) землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення.

У межах категорій земель сільськогосподарського призначення виділити окремо рілля та сінокоси/пасовища за дишифруванням космічного знімку (Додаток В).

Для визначення площі використовують операцію Оновити колонку у меню Таблиця. У діалоговому вікні оновлення колонки у списку Оновити таблицю обрати файл Категорії угідь Прізвище. У списку Оновити колонку обрати поле Площа. Навпроти рядка Значення натиснути кнопку Скласти. У діалоговому вікні Вираз відкрити список функції та обрати *Area*. Після появи рядка *Area(obj, "sq km")* натиснути ОК у вікні Вираз та ОК у вікні Оновити колонку. У вікні списку, яке автоматично відкриється, контролювати введення нових значень у колонці Площа.

Завдання 6. Виконати експлікацію земель у середовищі електронних таблиць Excel. Для цього необхідно експортувати дані з пакету *MapInfo Professional* у формат, доступний *Excel*. У меню Таблиця активувати операцію Експорт і вибрати відповідний файл (Категорії угідь+Прізвище) (рис. 6). У діалоговому вікні вибрати тип файлу *ASCII* (*…txt*). У якості роздільника вибрати табулятор. Зберегти файл. Ту саму операцію виконати із файлом Населені пункти+Прізвище. Зберегти його у форматі *ASCII*. Скопіювати весь вміст даного файлу і вставити його у текстовий файл з категоріями земель, зберегти.

У середовищі *Excel* відкрити експортований текстовий файл Категорії угідь+Прізвище.txt. Нова таблиця буде мати таку ж структуру, що і у *MapInfo Professional*. Відповідні колонки таблиці необхідно підписати (номер за порядком; тип; площа, км^2 і т. д.).

Обчислити загальну площу ділянки дослідження та площі окремих категорій земель за цільовим призначенням у км^2 та гектарах.

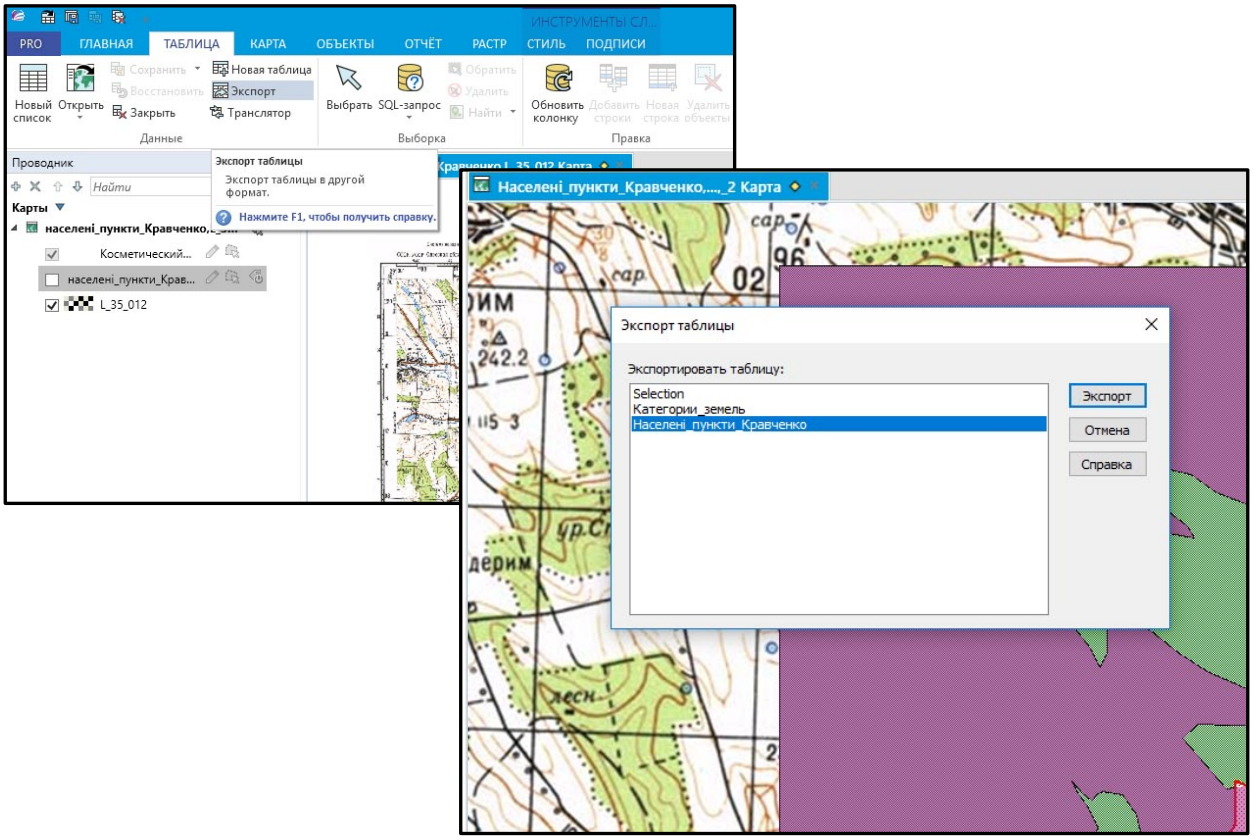


Рис. 6. Експорт табличних даних

Розрахувати коефіцієнти розораності та заліснення території дослідження. Для цього окремо сумарні площі лісів та рілля поділити на загальну площу території та помножити на 100. Всі дані записати у таблицю. Зберегти файл *Excel* у особистому каталозі.

Завдання 7. Створити картографічний звіт. Для цього у одному вікні відкрити файли Категорії земель, Населені пункти, Транспортна мережа. Лист топографічної карти та космічний знімок зробити невидимими або не відкривати взагалі.

Всі відкриті шари розтягнути на все вікно за допомогою інструменту «+» або кликнувши правою кнопкою миші по зображенню у спливаючому меню обрати Показати шар повністю / Всі шари.

У меню Звіт обрати підменю Новий звіт / Порожній шаблон. Після відкриття шаблону у підменю Карта обрати список файлів, які необхідно помістити у шаблон (рис. 7). Розміри рамки необхідно зробити згідно з розмірами вікна шаблону. Вікно шаблону за необхідності переорієнтувати у альбомний варіант. Для цього правою кнопкою миші кликнути у полі шаблону і у спливаючому меню обрати інструмент Параметри сторінки… і у діалоговому вікні обрати необхідну орієнтацію сторінки.

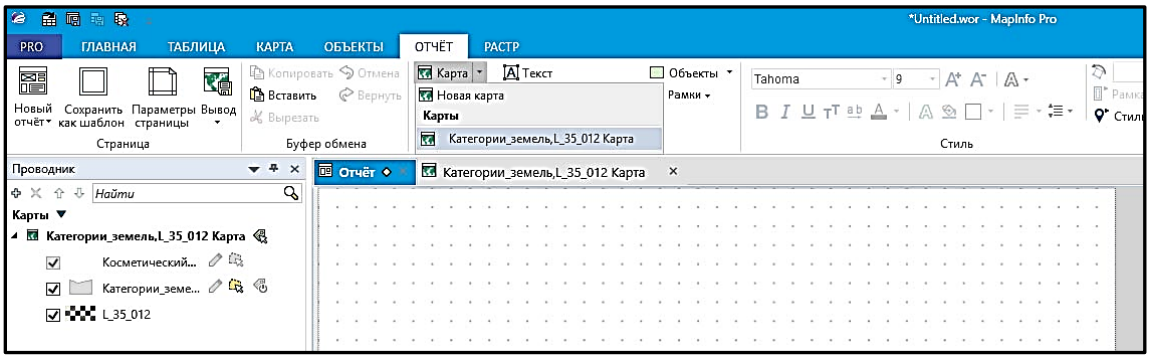


Рис. 7. Меню Звіт і підменю Карта

Додати легенду (підменю Легенда) і підписати категорії земель відповідно їх цільового призначення (рис. 8).

Додати масштабну лінійку з відповідного підменю Звіту. У діалоговому вікні лінійки задати вільно параметри лінійки (довжина, масштабування, висота) та додати картографічний масштаб.

Додати назву карти «Категорії земельних угідь … району Одеської області» з використанням підменю Текст. Розмір та шрифт тексту обрати самостійно.

Всі елементи звіту раціонально розмістити на листі шаблону і після цього зберегти робочий набір з вільним ім’ям.

Для виводу на друк скористатися підменю Вивід у меню Звіт. У спадаючому списку вибрати Створити *pdf*. У діалоговому вікні вибрати ім’я принтеру, бажано, щоб воно було пов’язано із програмою, яка

спроможна прочитати файл формату *pdf* (наприклад, *ABBYY FineReader*). Зберегти звіт у форматі *pdf.*

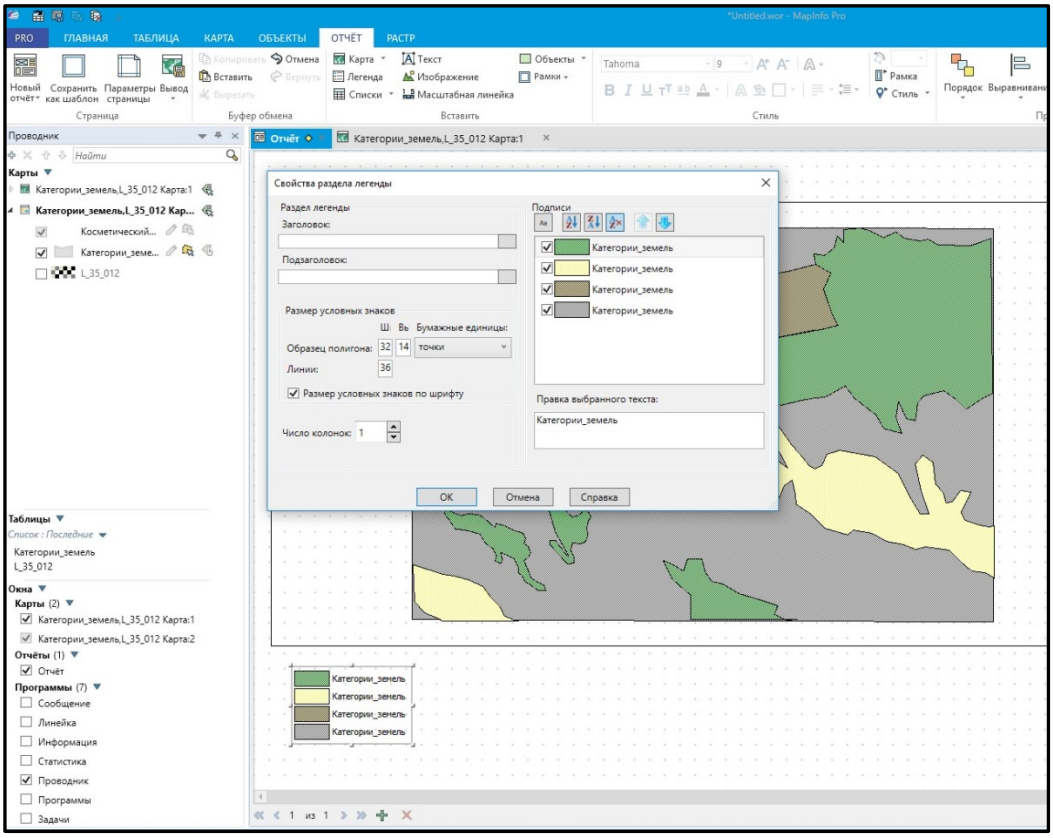


Рис. 8. Діалогове вікно підменю Легенда

Звітні документи:

1) лист топографічної карти масштабу 1:100000, зареєстрований у середовищі *MapInfo Professional*;
2) фрагмент космознімка, зареєстрований у середовищі *MapInfo Professional*;
3) текстовий документ із географічною характеристикою території;
4) файли формату MapInfo Professional: Населені пункти, Транспортна мережа, Категорії угідь;
5) файли Населені пункти та Категорії угідь у форматі *.txt*;
6) файл Категорії угідь у форматі *Excel* із відповідними розрахунками;
7) картографічний звіт.

Практична робота № 2.
ПРОСТОРОВЕ ТА ДИНАМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У СЕРЕДОВИЩІ ГІС

Мета: навчитися використовувати просторові та динамічні моделі явищ та процесів у практичній діяльності.

Завдання: 1) оцінити площі еродованих земель у межах басейну річки;

2) оцінити дійсно можливу урожайність озимої пшениці з урахуванням гідрометеорологічних умов;

3) оцінити швидкість змиву ґрунту з урахуванням динамічної моделі зливової ерозії ґрунтів території водозбору.

Обладнання та матеріали: пакет *PCRaster*, ГІС-реалізована фізико-статистична модель змиву-акумуляції ґрунту, просторова модель дійсно можливої урожайності сільськогосподарських культур, Лімбурзька модель водної ерозії *LISEM for Windows*, цифрові карти територій дослідження (моделі рельєфу, ґрунтові карти, землекористування, характеру поверхні) формату *PCRaster*.

Час виконання: 6 годин аудиторних занять, 2 години самостійної роботи.

Пояснення

Завдання 1. Для розрахунків просторової неоднорідності ерозійного змиву ґрунту використовується просторово-розподілена фізико-статистична модель змиву-акумуляції ґрунту, розроблена на кафедрі фізичної географії, природокористування та геоінформаційних технологій Одеського національного університету імені І. І. Мечникова та реалізована з використанням мовних і аналітичних можливостей пакету моделювання навколишнього середовища *PCRaster*. Банк вхідних даних, що забезпечує функціонування моделі, включає гідрологічно коректну цифрову модель рельєфу території (ЦМР), цифрові карти генетичних типів і підтипів ґрунтів та ступеню їх еродованості, цифрові карти землекористування, включаючи категорії земель та види сільськогосподарських угідь, сівозміни

і протиерозійні заходи. Карти мають растровий формат. До банку даних також відносяться ряд специфічних текстових файлів, які є допоміжними при виконанні операцій рекласифікації.

Дослідна територія – басейн малої річки Бутеня, який знаходиться на півдні Київської області. Річка є правою притокою Росави, яка впадає у р. Рось (права притока Дніпра). Бутеня має довжину 14 км. Територія басейну знаходиться у межах Придніпровської височини. Абсолютні максимальні відмітки вододілів 218 м. Вертикальне розчленування сягає 100 м. Ґрунтовий покрив представлений темно-сірими та світло-сірими лісовими ґрунтами; чорноземами опідзоленими; глибокими малогумусними чорноземами; лучно-чорноземними та лучними ґрунтами. Територія інтенсивно використовуються під сільгоспугіддя. Круті схили вкриті лісами. Величина комірки растру на ЦМР – 20 м.

Перед початком розрахунків змиву ґрунту необхідно ознайомитись із текстовими файлами із розширенням *.bat*, які є розрахунковими модулями ГІС-моделі. Таких файлів два. Один з них (*param.bat*) дозволяє отримати проміжні результати у вигляді цифрових карт з основними факторами водної ерозії ґрунту (протиерозійна стійкість ґрунтів, нахили, довжина та експозиція схилів, фактори агротехніки та рослинності та ін.), а у другому файлі (*eros.bat*) запрограмовані математичні вирази просторово-розподіленої фізико-статистичної моделі змиву-акумуляції ґрунту (додаток Г). У результаті розраховується цифрова карта просторового розподілу зливового змиву ґрунту. Фрагмент одного з модулів наведений на рис. 9.

Використовуючи оболонку, наприклад, *Windows Commander,* у командному рядку ввести назву файлу *param.bat* і через пробіли ідентифікатор території дослідження (*B*) та величину комірки растру (20). Після виконання дії у списку файлів у робочому каталозі з’являються нові файли у вигляді цифрових карт. Переглянути нові карти.

Другою дією ввести у командний рядок назву файлу *eros.bat* і через пробіли – ідентифікатор території дослідження, гідрометеорологічний

фактор зливового змиву ґрунту для району досліджень (додаток Ґ), осереднене по території значення фактору рослинності та агротехніки. Отримувана карта просторового розподілу змиву ґрунту має назву %1*eros.map*, де %1 – ідентифікатор ділянки дослідження. Відкрити карту та зробити її візуальний аналіз, звертаючи увагу на скупчення максимальних значень змиву та від'ємних значень, які свідчать про акумуляцію.

```
rem расчет смыва почвы с участков, на которых La больше длины субводосбора
        pcrcalc I.map=if(pr1.map eq 1, ((1+0.5*L.map/length.map)**0.5)*%1jR.map*%1slopm.m
        pcrcalc II.map=if(pr1.map eq 1, %1jR.map*La.map*%1dslop.map*%2*%3, 0)
        pcrcalc III.map=if(pr1.map eq 1, %1slopm.map*La.map*cosa.map*%1djR.map*%2*%3, 0)
        pcrcalc IV.map=if(pr1.map eq 1, %1jR.map*%1slopm.map*La.map*%2*0, 0)
        pcrcalc V.map=if(pr1.map eq 1, %1jR.map*%1slopm.map*La.map*0*%3, 0)
        pcrcalc VI.map=if(pr1.map eq 1, %1jR.map*%1slopm.map*La.map*kk8.map*%2*%3, 0)
        pause

rem смыв почвы с участков, где La меньше длины субводосбора
        pcrcalc I1.map=if(pr1.map eq 0, ((1+0.5*L.map/%1ldds1.map)**0.5)*%1jR.map*%1slopm
        pcrcalc II1.map=if(pr1.map eq 0, %1jR.map*%1dslop.map*length.map**1.5*%2*%3, II.m
        pcrcalc III1.map=if(pr1.map eq 0, %1slopm.map*length.map**1.5*cosa.map*%1djR.map*
        pcrcalc IV1.map=if(pr1.map eq 0, %1jR.map*%1slopm.map*length.map**1.5*%2*0, IV.ma
        pcrcalc V1.map=if(pr1.map eq 0, %1jR.map*%1slopm.map*length.map**1.5*0*%3, V.map)
        pause
        pcrcalc VI1.map=if(pr1.map eq 0, %1jR.map*%1slopm.map*kk8.map*length.map*%2*%3, V

rem создание карты эрозионных потерь почвы
        pcrcalc %1eros.map=I1.map+II1.map+III1.map+IV1.map+V1.map+VI1.map
```

Рис. 9. Фрагмент розрахункового модуля eros.bat просторово-розподіленої фізико-статистичної моделі змиву-акумуляції ґрунту

Аналіз цифрової карти змиву ґрунту виконується з використанням можливостей пакету *PCRaster.* Для оцінки ерозійної небезпеки і виділення категорій земель з різною ерозійною небезпекою задля рекомендацій їхнього використання у середовищі пакету *PCRaster* створюється текстовий файл (*eros.txt*) із значеннями ерозійної небезпеки території: до 0,5 т/га/рік – змив відсутній, або акумуляція матеріалу; 0,5 - 2, змив умовно відсутній; 2 - 5 змив слабкий; 5 - 10 – змив середній; 10 - 20 – змив високий і більше 20 т/га/рік – змив дуже високий. Текстовий файл має вигляд:

[-50, 0>
[0, 0,5>
[0,5, 2>
[2, 5>
[5, 10>
[10, 20>
[20,>

Після створення та збереження текстового файлу у командному рядку необхідно ввести наступну команду формату *PCRaster*:

Table.exe -i eros.txt %1*eros.map eros*2*.txt*

де %1*eros.map* – цифрова карта потенційного змиву ґрунту; eros.txt – створений текстовий файл; *eros*2*.txt* – новий текстовий файл із даними про площі ($м^2$), на яких розповсюджений змив ґрунту у певному діапазоні.

На основі даних новоутвореної таблиці створити стовбчасту діаграму, яка показує просторовий розподіл потенційного змиву ґрунту. На діаграмі вздовж горизонтальної осі відкладаються діапазони змиву ґрунту, а вздовж вертикальної – площа у %. Проаналізувати отриману діаграму, зробити висновки про розповсюдження різних ступенів ерозійної небезпеки території.

Завдання 2. Для рішення задачі оцінки умов формування урожаю пропонується використовувати підхід «еталонних урожаїв», розроблений Х. Г. Тоомінгом, за яким виділяється декілька рівнів урожаю, у тому числі “потенційний урожай” (ПУ) та “дійсно можливий урожай” (ДВУ), за допомогою яких можна врахувати відповідно енергетичний потенціал та тепловологозабезпеченість кожної ділянки території. Математичні формули ПУ та ДВУ наведені у додатку Ґ. Сучасні технології дають можливість враховувати просторову мінливість тепловологозабезпеченості та відповідно дійсно можливого урожаю, тому реалізовану модель можна вважати просторовою.

Блок-схема моделі дійсно можливої урожайності наведена на рис. 10.

Банк вхідних даних містить ЦМР, цифрову карту генетичних типів і підтипів ґрунтів із врахуванням ступеню їх еродованості, дані про вологість верхнього 0-50 см шару ґрунту. Карти мають растровий формат. Як і у випадку із розрахунками ерозійних втрат ґрунту до банку даних також відносяться ряд специфічних текстових файлів, які є допоміжними при виконанні операцій рекласифікації. Територія дослідження – басейн малої річки Бутеня (опис див. вище).

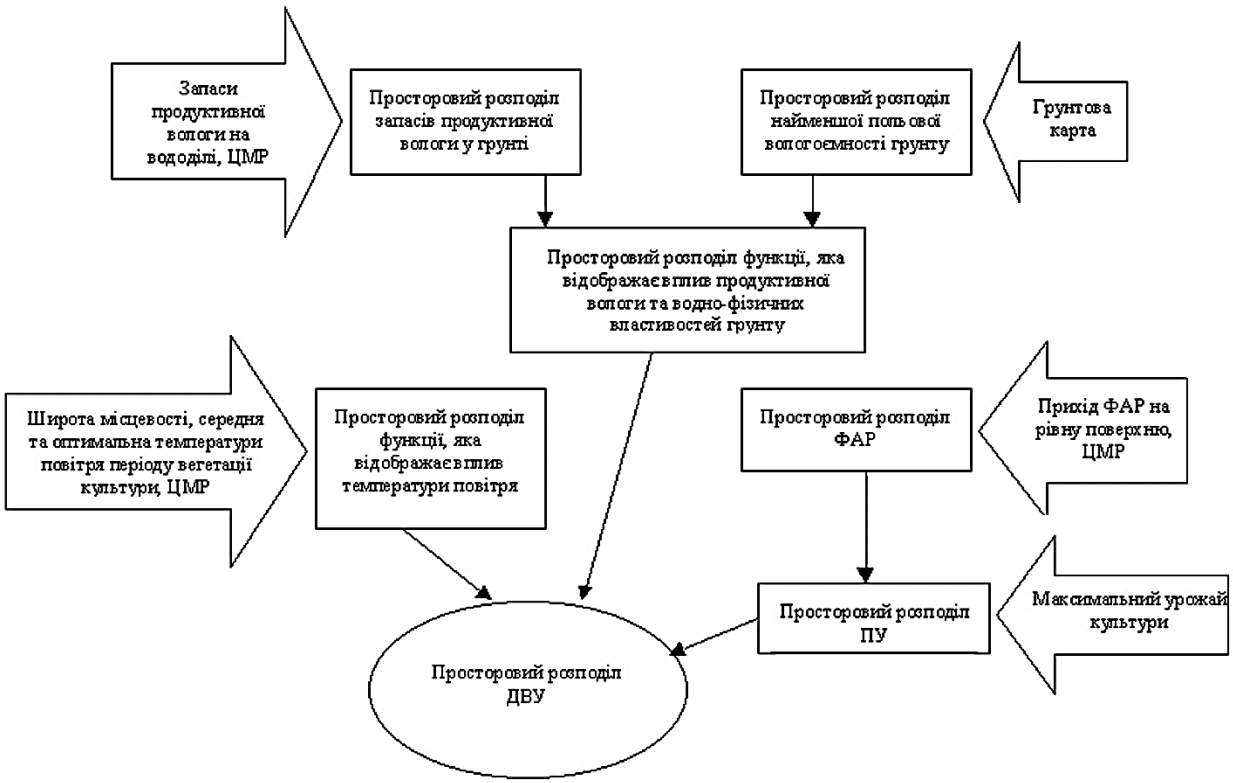


Рис. 10. Блок-схема моделі просторового розподілу ДВУ

Ознайомитись із текстовими файлами із розширенням *.bat*, які є розрахунковими модулями ГІС-моделі ДВУ. Один з них (*ur1.bat*) (рис. 11) дозволяє отримати цифрові карти просторового розподілу температури приземного шару повітря, зволоження ґрунту та фотосинтетично активної сонячної радіації. У файлі *ur2.bat* запрограмовані самі математичні вирази моделі ДВУ. У результаті розраховується карта просторового розподілу ДВУ.

У командному рядку *Windows Commander* ввести назву файлу *ur1.bat* і через пробіли послідовно – ідентифікатор території дослідження (*B*), величину комірки растру (20), зональне значення сумарної сонячної радіації на рівній поверхні, параметр вологості (0,9), зональне значення середньої за період вегетації температури приземного шару повітря. Дані про сонячну радіацію та температуру повітря запозичити з відповідних карт, або довідкових даних. Натиснути *Enter*. Після виконання дії у списку файлів у робочому каталозі з’являються нові файли у вигляді цифрових карт.

Зробити візуальний аналіз карт температури повітря, зволоження ґрунту та фотосинтетично активної сонячної радіації

```
echo on

rem расчет пространственного распределения ФАР, температуры и условий увлажнения
rem ключи:
rem %1 - идентификатор участка; %2 - величина ячейкм растра; %3 - значение суммарной радиации на
rem  %4 - параметр для влажности (средневзвешенный) (0.9) %5 - значение средней температуры за пе
rem постороение карты экспозиций
        pcrcalc %1asp%2.map=aspect(%1topo%2.map)
        pcrcalc.exe %1asp%2.map=((scalar(%1asp%2.map)/6.2832)*360)*6.2832/360
        display %1asp%2.map

rem построение карты уклонов поверхности
        pcrcalc.exe %1grad%2.map=slope(%1topo%2.map)
        pcrcalc slop.map=%1grad%2.map/0.017
        display slop.map

rem расчет карты ФАР на склоновой поверхности: параметр Kq, и ФАР на склоне
        pcrcalc Kq.map=%1topo%2.map*0
        pcrcalc Kq1.map=if(%1asp%2.map ge 0 and %1asp%2.map le 22.5, (1-(0.007*slop.map)), Kq.map
        pcrcalc Kq2.map=if(%1asp%2.map gt 22.5 and %1asp%2.map le 67.5, (1-(0.004*slop.map)), Kq1
        pcrcalc Kq3.map=if(%1asp%2.map gt 67.5 and %1asp%2.map le 112.5, (1-(0.002*slop.map)), Kq
```

Рис. 11. Фрагмент розрахункового модуля ur1.bat просторово-розподіленої моделі ДВУ

Для отримання результату – цифрової карти ДВУ озимої пшениці – ввести у командний рядок назву файлу *ur2.bat* і через пробіли – ідентифікатор території (*B*), величину комірки растру (20), коефіцієнт корисної дії (3,5 %), коефіцієнт господарчої користі (0,45), теплоту згоряння (18,8). Отримана карта має назву *%1DVU%2.map*.

Відкрити карту просторового розподілу урожайності озимої пшениці та зробити її візуальний аналіз. Обчислити середню урожайність, використовуючи оператор *areaaverage*.

Завдання 3. Запустити модель *LISEM* з відповідного робочого каталогу (файл lisemwin_1.63.exe). Розглянути інтерфейс моделі, систему введення даних та контролю ходу моделювання (рис. 12).

Модель *LISEM* (*Limburg Soil Erosion Model*) (рис. 13) є одним з перших прикладів «динамічних фізично обґрунтованих» моделей повністю реалізованих засобами ГІС. Модель описує всі основні процеси, які приймають участь у формуванні змиву ґрунту і транспорту продуктів

руйнування вздовж поверхні схилів і у русловій мережі, які зазвичай розглядаються у динамічних моделях: перехват опадів рослинністю, затримання у депресіях поверхні, інфільтрацію, вертикальний рух води у ґрунті, схиловий стік, русловий стік, відокремлення частинок ґрунту краплями дощу і поверхневим стоком, транспортуюча здатність потоку.

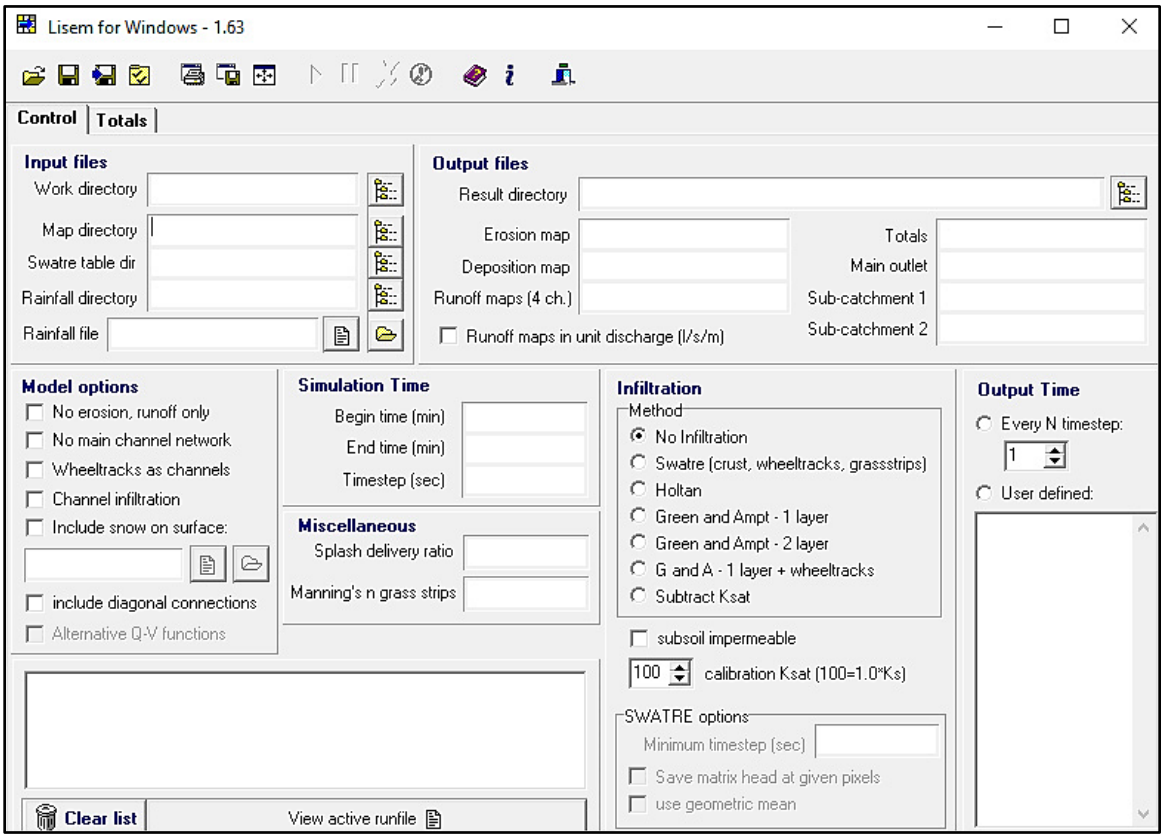


Рис. 12. Інтерфейсна панель моделі “LISEM”

Модель дозволяє отримати карти змиву-акумуляції ґрунту у процесі однієї зливи (так званої «події») формату *PCRaster*. Крім того, за результатами моделювання для заданих розрахункових інтервалів часу створюються карти поверхневого стоку у міліметрах шару. Для замикаючих створів у формі таблиць виводяться витрати води і концентрації наносів для кожного часового кроку, що дозволяє отримувати відповідні графіки часового ходу зливи.

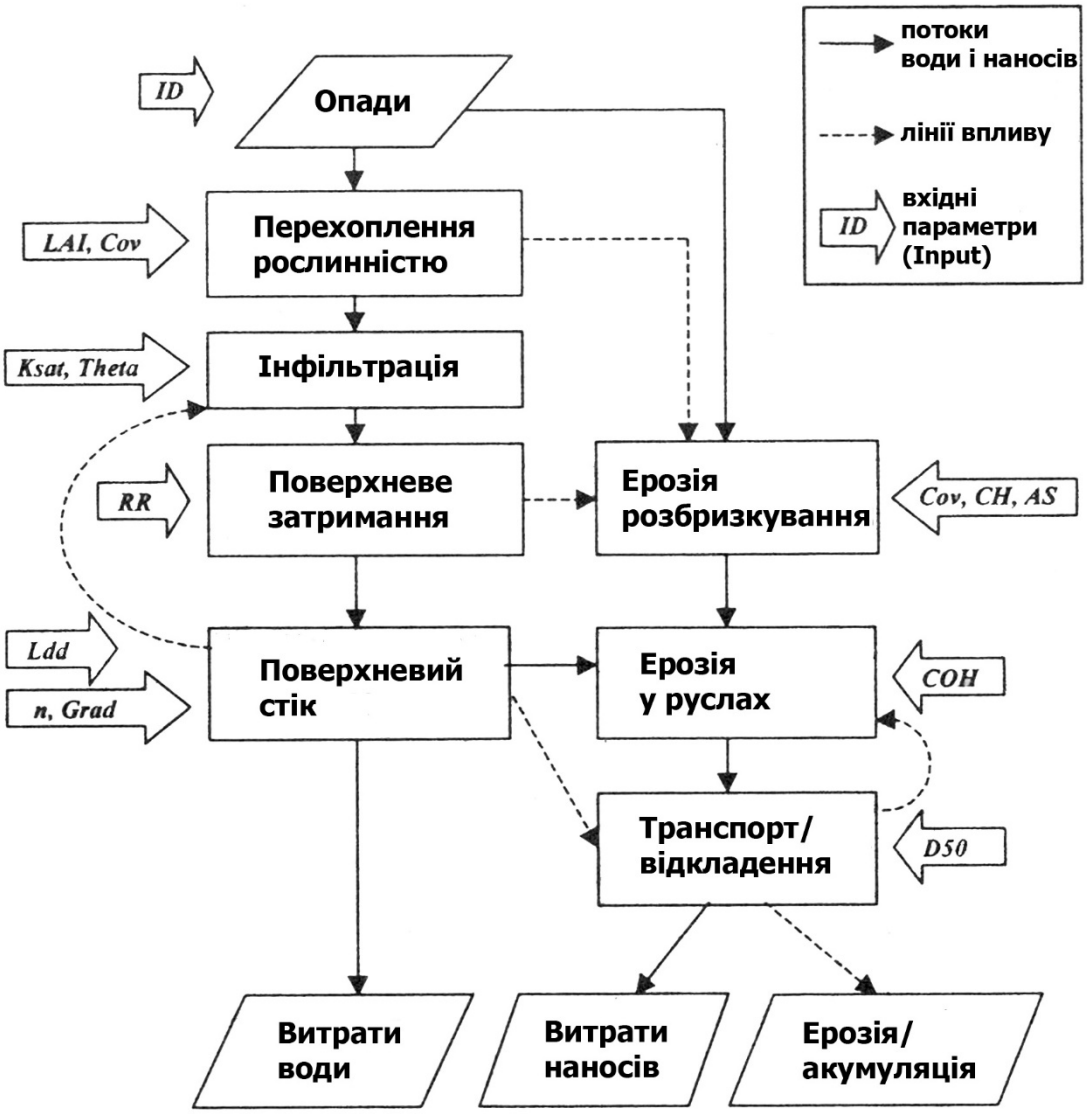


Рис. 13. Блок-схема моделі ерозійно-акумулятивного процесу LISEM

Завантажити у модель файл запуску моделювання стоку води і змиву ґрунту від зливи 13 липня 1970 р., відкривши за допомогою кнопки Панелі інструментів *Open Run Files* файл *Gr*130770.*run*. Проконтролювати файл запуску моделі. Для цього відкрити його за допомогою кнопки, яка розташована у лівому нижньому кутку інтерфейсної панелі (*Active run file*…). Переконатися у правильності заданих параметрів моделювання, а також шляхів до вхідних (*Input*) s вихідних (*Output*) даних.

Вхідними даними для поточного розрахунку є:

130670.*txt* – плювіограма зливи від 13 червня 1970 року

*Gr*130770.*run* – файл запуску програми LISEM for Windows для моделювання стоку води і змиву ґрунту у межах улоговини Плоскої (басейн малої річки Бутеня)

Area.map – карта маска водозбору улоговини Плоскої

ID.map – карта розташування плювіометричних пунктів у межах водозбору

Ldd.map – карта місцевих ліній течії

Grad.map – карта ухилів

Outlet.map – карта розташування замикаючих створів

Ch.map – карта висоти рослинного покриву

Cov.map – карта проективного покриття рослинністю ($м^2/м^2$)

LAI.ma – карта індексу листової поверхні ($м^2/м^2$)

Grasswid.map – карта ширини трав'яних смуг

RR.map – карта параметра, який характеризує мікрорельєф поверхні (см/м)

N.map – карта коефіцієнта шорсткості поверхні Маннінга

Df.map – карта глибини ґрунтового шару

Thetai1.map – карта вихідної об'ємної вологості ґрунту ($м^3/м^3$)

Aggrstab.map – карта стійкості ґрунтових агрегатів до розмиву

Coh.map – карта механічного зчеплення ґрунту (кПа)

Cohadd.map – карта додаткового зчеплення, обумовленого корінням рослин

Crustfrc.map – карта розповсюдження ґрунтової кірки

Stonefrc.map – карта щебнюватості поверхні

Wheelwid.map – карта ширини слідів колісної техніки

Roadwidt.map – карта ширини доріг

D50.map – карта медіанного діаметру ґрунтових частинок, які переносяться потоками води (мкм)

Chancoh.map – карта механічного зчеплення ґрунту у днищах русл (кПа)

Changrad.map – карта ухилів днища русл

Chanman.map – карта коефіцієнта шорсткості поверхні Маннінга

Chanside.map – карта нахилу укосів русл

Chanwidt.map – карта ширини русл по днищу

Після контролю файлу запуску проаналізувати плювіограму зливи (час – у хвилинах, інтенсивність – у міліметрах на годину). Відкрити її за допомогою кнопки *Rainfall file* у лівій верхній частині панелі.

Запустити процес моделювання. Для цього кликнути лівою кнопкою миші на кнопку панелі *Start/Resume run*.

Після закінчення моделювання за допомогою оператора *PCRaster display.exe* візуально проаналізувати карти змиву (*er*5.*map*) та акумуляції (*dp*5.*map*) ґрунту.

Для отримання карти ерозійних втрат ґрунту з використанням оператора *PCRcalc* виконати складення карт змиву та акумуляції. Виконати візуальний аналіз отриманої карти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ТА РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гусейнова Н. О. Геоинформационные системы в географии. Электронный лабораторный практикум и рабочая тетрадь по дисциплине. Режим доступу: http://eor.dgu.ru/lectures_f/4до/Курс лекций (практикум) Геоинформационные системы в географии (Рекреационная география).htm

2. Земельний кодекс України. Режим доступу: https://ips.ligazakon.net/document/view/t012768?an=117&ed=2006_02_08

3. Іванова А. В. Методика оцінки просторової мінливості показників урожайності сільськогосподарських культур. Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. Київ, 2006 р. С. 281-289.

4. Основы пространственного анализа в растровых ГИС / А. А. Савельев и др. Казань : изд-во Казанского университета, 2015, 59 с. Режим доступа: https://kpfu.ru/portal/docs/F_1172330922/gisprogDoc2015_A5.pdf

5. Офіційний сайт власника MapInfo Professional. Режим доступу: https://support.precisely.com/

6. Польовий А. М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроекосистем. Одеса : «Екологія», 2013. С. 298-311.

7. Сайт офіційного дистриб'ютора MapInfo Professional. Режим доступу: http://mapinfo.ru

8. Світличний О. О., Плотницький С. В. Основи геоінформатики. Суми : «Університетська книга», 2006. 295 с.

9. Світличний О. О., П'яткова А. В. Методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт з дисципліни «ГІС-технології в географії і природокористуванні». Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2009. 59 с.

10. Світличний О. О., П'яткова А. В. Практикум з геоінформатики : навчально-методичний посібник. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. 176 с.

11. Світличний О. О., П’яткова А. В. Прикладне ерозієзнавство : навч. посіб. Одеса : Одеський національний ун-т імені І. І. Мечникова, 2020. 136 с.

12. Светличный А. А., Черный С. Г., Швебс Г. И. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты : монография. Сумы : «Университетская книга», 2004. С. 151-162.

13. PCRaster Software for environmental modelling. Documentation. Available at: http://pcraster.geo.uu.nl/support/documentation/.

14. De Roo A. P. J., Wesseling C. G., Ritsema C. J. LISEM: A single event physically-based hydrologic and soil erosion model for drainage basins. I: Theory, input and output. Hydrological Processes, 1996, No10. Pp. 1107-1117

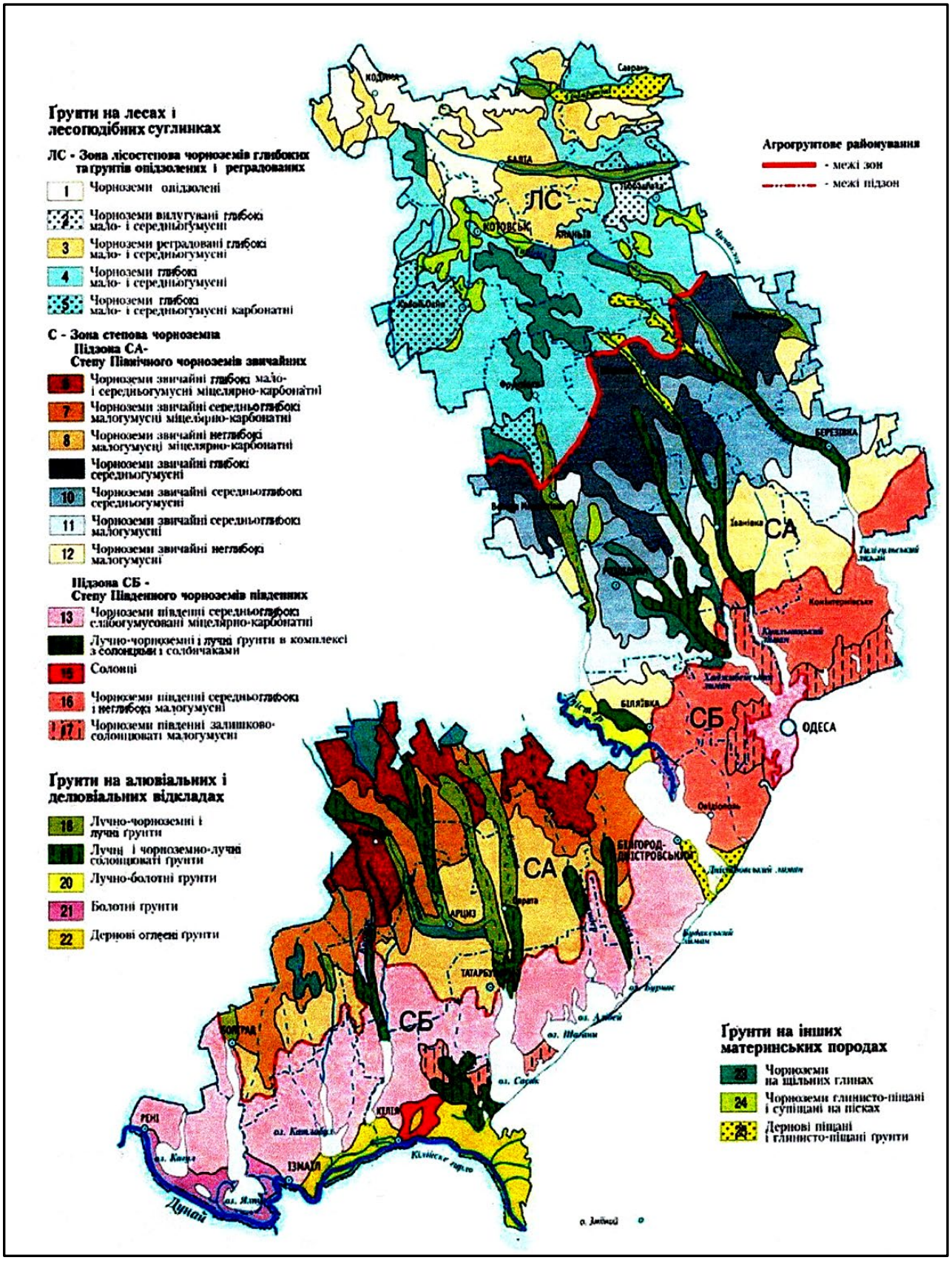
15. Tomlin C. D. Geographic Informational Systems and Cartographic Modelling. New Jersey : Prentice-Hall, inc. 1990, 230 p.

16. Van Deursen W. P., Wesseling C. G. The PC-Raster package. Utrecht : Department of Physical Geography, Utrecht University, 1992, 292 p.

ДОДАТКИ

Додаток А

Грунти Одеської області (за даними атласу Одеська область, 2002)



Додаток Б

Дешифрування категорій замель за космічними знімками

1) Землі сільськогосподарського призначення

Рис. Б1. Рілля (ділянки мають прямокутну форму, розташовані на рівних або близьких до них територіях, поверхня рівномірно зафарбована, часто текстура буває у вигляді паралельних ліній (борозни))

Рис. Б2. Багаторічні насадження (ділянки мають правильну прямокутну форму, текстура крапчаста, сформована кронами дерев або чагарниками, відрізняються міжряддя)

Рис. Б3. Пасовища та сінокоси (зазвичай розташовані на схилових землях, у річкових заплавах, межі часто криволінійні, ділянки різного розміру і конфігурації, мають плямисте нерівне забарвлення, текстура також у вигляді плям, стрічок, смуг, кривих ліній тощо, мають включення деревино-чагарникової рослинності, дрібних водойм, ерозійних форм рельєфу тощо)

Рис. Б4. Тваринницькі ферми та комплекси (невеликі за розміром ділянки із розрідженою забудовою, будівлі зазвичай мають подовжену форму, іноді розрізняються загони для тварин і інші допоміжні будівлі)

2) Населені пункти

Рис. Б5. Багатоповерхова забудова у містах та селищах міського типу (будівлі мають вигляд прямокутників, від яких помітні тіні, мають упорядковане розташування, розрізняються вулиці)

Рис. Б6. Присадибна забудова у сільських населених пунктах (будівлі мають вигляд квадратиків, рідше прямокутників, при будинках помітні земельні ділянки із ясними межами, частіше прямокутної форми)

3) Промислові підприємства

Рис. Б7. Території промислових підприємств (мають чіткі межі, помітні специфічні будівлі – цехи, цистерни тощо)

4) Транспорт та зв'язок

Рис. Б8. Транспортні шляхи та розв'язки (зліва направо – клеверний міст, залізнична колія, шосе; характеризуються прямими або заокругленими лініями, які досить чітко відрізняються на місцевості)

5) Землі лісового фонду

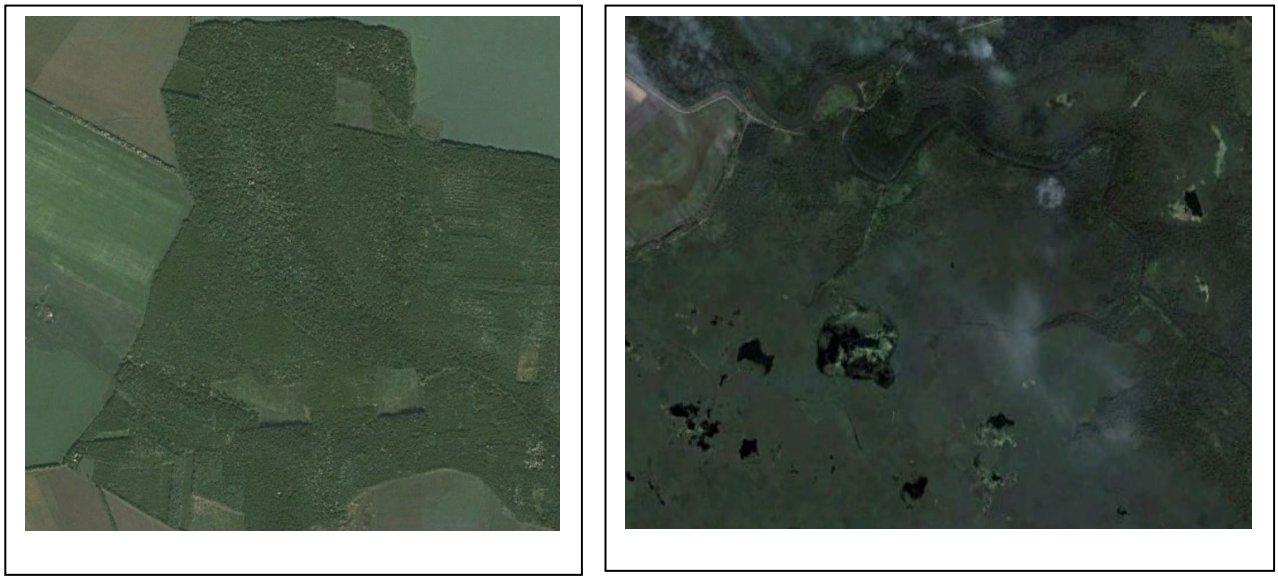


Рис. Б9. Лісові масиви (розрізняються крони дерев у вигляді крапчастого зафарбування, мають неправильні форми, чіткі межі)

6) Землі водного фонду

Рис. Б10. Водні об'єкти (мають більш темний колір, чіткі межі, часто неправильної форми)

Додаток В

Рівняння просторово-розподіленої фізико-статистичної моделі змиву-акумуляції ґрунту

за умов $x \le L_a$

$$W_{ЗЛ}(i,j) = 2{,}6 \cdot 10^{-6} \left[\left(1 + 0{,}5 \left(\frac{x'}{x} \right)^{0,5} \right) K_{ГМ}(i,j) j_R(i,j) I^m(i,j) f_a(i,j)\, x^{0,5} + \right.$$
$$+ K_{ГМ}(i,j) j_R(i,j) I^m(i,j) \frac{df_a(i,j)}{dn} x^{1,5} + K_{ГМ}(i,j) j_R(i,j) \frac{dI^m(i,j)}{dn} f_a(i,j)\, x^{1,5} + \quad (1)$$
$$+ K_{ГМ}(i,j) \frac{dj_R(i,j)}{dn} I^m(i,j) f_a(i,j)\, x^{1,5} + \frac{dK_{ГМ}(i,j)}{dn} j_R(i,j)\, I^m(i,j) f_a(i,j)\, x^{1,5} +$$
$$\left. + K_{ГМ}(i,j) j_R(i,j) I^m(i,j) f_a(i,j)\, x^{1,5} \frac{d\,(x'^{0,5})}{dn} \right]$$

за умов $x > L_a$

$$W_{ЗЛ}(i,j) = 2{,}6 \cdot 10^{-6} \left[\left(1 + 0{,}5 \left(\frac{x'}{x} \right)^{0,5} \right) K_{ГМ}(i,j) j_R(i,j) I^m(i,j) f_a(i,j) L_\Delta{}^{0,5} + \right.$$
$$+ K_{ГМ}(i,j) j_R(i,j) I^m(i,j) \frac{df_a(i,j)}{dn} x + K_{ГМ}(i,j) j_R(i,j) \frac{dI^m(i,j)}{dn} f_a(i,j)\, x + \quad (2)$$
$$+ K_{ГМ}(i,j) \frac{dj_R(i,j)}{dn} I^m(i,j) f_a(i,j)\, x + \frac{dK_{ГМ}(i,j)}{dn} j_R(i,j)\, I^m(i,j) f_a(i,j)\, x +$$
$$\left. + K_{ГМ}(i,j) j_R(i,j) I^m(i,j) f_a(i,j)\, x \frac{d(x'^{0,5})}{dn} \right]$$

де $W_{ЗЛ}(i,j)$ – модуль середньобагаторічного зливового змиву ґрунту, т/га/рік, у точці простору с координатами (i,j); x – відстань від вододілу до точки (i,j) вздовж ліній току води, м; x' – приведена відстань від вододілу до точки (i,j) вздовж ліній току води, м, $x' = 0{,}5x\,(K_c(i,j)+1)$ де K_c – коефіцієнт форми схилових мікроводозборів, безрозм.; L_a – довжина зони зростання інтенсивності активного наносоутворення, яка примикає до вододілу, м; $K_{ГМ}(i,j)$ – середнє у межах схилового мікроводозбору до точки (i,j) значення гідрометеорологічного фактору зливового змиву ґрунту; $f_a(i,j)$ – середнє у межах схилового мікроводозбору до точки (i,j) значення фактору агротехніки, безрозм.; $j_R(i,j)$ – середнє у межах схилового мікроводозбору до точки (i,j) значення характеристики відносної змиваємості ґрунту, безрозм.; L_Δ - робоча довжина "зони активного наносоутворення", в якості якої приймається ділянка схилу, яка забезпечує максимальне значення першого доданку у виразах (1)-(2), або привододільна, або та, що примикає до розрахункового створу, довжиною L_a, м; $I(i,j)$ – середній у межах схилового мікроводозбору до точки (i,j) ухил схилу, ‰; m – показник ступеню при нахилі.

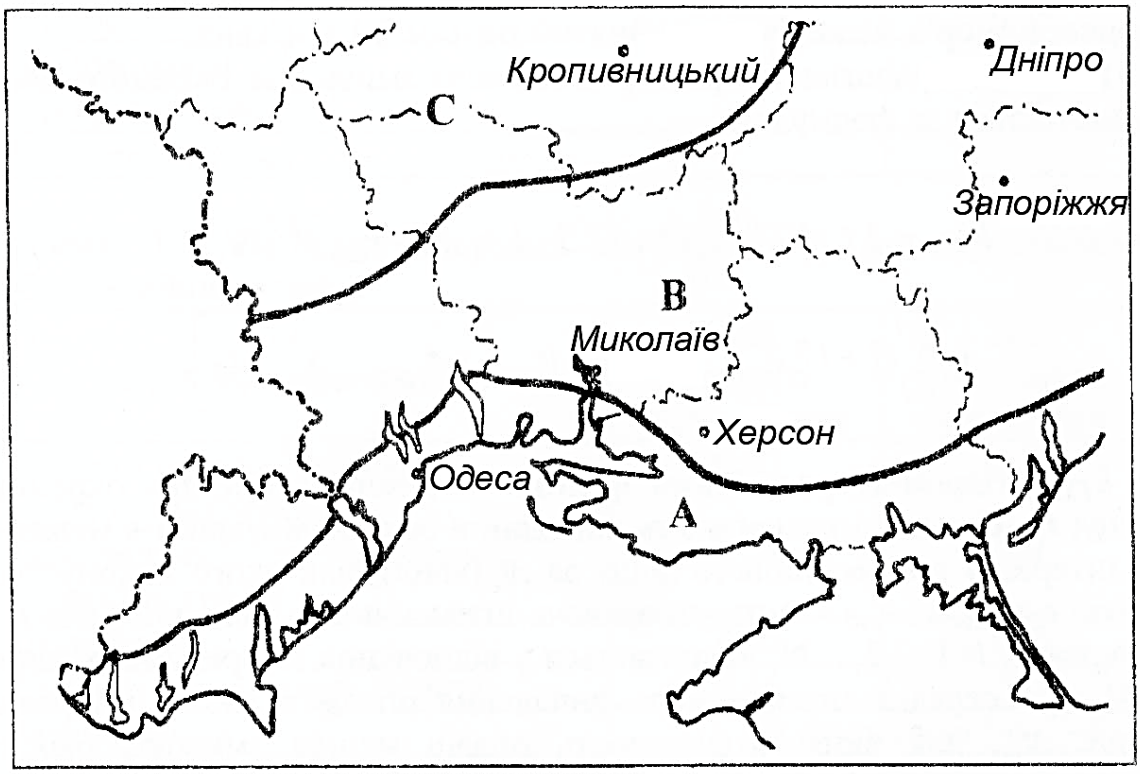
Величина L_a, як довжина зони зростання інтенсивності активного наносоутворення на схилі у межах мікроводозбору, розраховується за рівнянням:

$$L_a = 0{,}854\, k_v\, m_c^{\,3/2} \left(r_{\tau,p\%}\, \varphi\, b_c\, I_a \right)^{1/2} \qquad (3)$$

де $r_{10,p\%}$ – максимальна середня інтенсивність зливи розрахункової забезпеченості $P\%$ протягом десятихвилинного інтервалу часу, мм/хв.; m_c – коефіцієнт шорсткості поверхні; φ – коефіцієнт стоку; b_c – середня ширина водозборів тимчасової струмкової сітки, м; I_a – середній нахил схилу, ‰; k_v – коефіцієнт форсування, який враховує відмінність швидкостей добігання хвилі стоку та руху матеріальної точки.

Додаток Г

Карта-схема регіонів гідрометеорологічного фактору зливового змиву ґрунту ($К_{ГМ}$)



Значення $К_{ГМ}$ зливового змиву ґрунту для регіонів

Код регіону	Назва регіону	Норма $К_{ГМ}$
A	Узбережжя Чорного моря і Подунав'я	0,0024
B	Центральні і північні райони Причорноморської низовини	0,0033
C	Молдавська, Подільська, Придніпровська височини	0,0051

Додаток Ґ

Основні рівняння, які описують дійсно можливу урожайність (ДВУ)

Рівень ПУ

$$ПУ = \frac{\eta_{nomi} i \sum Q_{фi}}{q_i}, \quad (1)$$

де η_n - потенційний коефіцієнт корисної дії посіву, %; q – удільна теплота згорання, МДж/кг; $\sum Q_ф$ - фотосинтетично активна радіація, кДж/см^2; i – група сільськогосподарських культур, i=1, 2, 3, 4…

Коефіцієнт корисної дії можна виразити через максимальний урожай даної культури з умов приходу ФАР, яка спостерігалася у рік максимального урожаю культури

$$\eta_{nomi} = q_i Y_{max\,i} 100 / \sum Q_{фi(max)}, \quad (2)$$

де Y_{maxi} – максимальний урожай загальної сухої біомаси групи сільськогосподарських культур, т/га; $\sum Q_{ф(max)}$ - сума ФАР за вегетаційний період у рік з максимальним урожаєм.

$$Y_{max\,i} = 0.0086 Y_{хозі} (1 + n_i), \quad (3)$$

де $Y_{хозі}$ – максимальний урожай групи сільськогосподарських культур, т/га; n_i – коефіцієнт, який характеризує співвідношення урожаю виду продукції та рослинних залишків для групи сільськогосподарських культур.

Серед факторів, які лімітують ПУ, виділяються головні – тепло та волога. На етапі урахування цих параметрів визначають дійсно можливий урожай (ДВУ) – урожай, який може бути отриманий на конкретному полі з урахуванням його реальної родючості, обумовленої грунтово-кліматичними показниками. Загальна формула для розрахунку ДВУ має вигляд

$$ДВУ = ПУ_i \ \psi_i \ \gamma_i, \quad (4)$$

де γ_i – функція вологості ґрунту; ψ_i – функція температури.

$$\psi = \left(\frac{\theta^i + 0.0001}{2} \right)^{7.74\left(\frac{\theta-1}{10}\right)} * \left(\frac{\left|1.4 - \theta^i\right|}{0.4} \right)^{38\left(\frac{\theta^i-1}{10}\right)}, \quad (5)$$

$$\theta^i = t^i / t_{optq}, \quad (6)$$

де t – середня температура повітря за вегетаційний період даної культури, град.; t_{optq} – оптимальна для періоду вегетації температура повітря для даної культури, град.

$$\gamma = -1.163 \left(\frac{W}{k_q W_{нв}} \right)^2 + 2.187 \left(\frac{W}{k_q W_{нв}} \right), \quad (7)$$

де W – запаси продуктивної вологи у ґрунті, мм; $W_{нв}$ – найменша вологоємність ґрунту, мм; k_q – параметр, який характеризує зміну оптимального для вегетаційного періоду значення вологості ґрунту.

ДЛЯ НОТАТОК

Навчальне видання

П’яткова А. В.

ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ У ГЕОГРАФІЇ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ

Методичні вказівки для виконання практичних робіт
з дисципліни для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності 106 Географія

ГЕЛЬВЕТИКА
ВИДАВНИЧИЙ ДІМ

WWW.HELVETICA.UA

Підписано до друку 04.11.2021 р. Формат 60х84/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times. Цифровий друк.
Ум. друк. арк. 3,02. Тираж 50. Замовлення № 1121/408.
Віддруковано з готового оригінал-макета.

Друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (048) 709 38 69,
+38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.