

## ГЕОГРАФІЧНА ІНФОРМАТИВНІСТЬ ЗОБРАЖЕНЬ ЛАНДШАФТНИХ СИСТЕМ НА КОСМІЧНИХ ЗНІМКАХ

© Загульська О., 2003

*Исследование ландшафтных систем – важное звено в наземном секторе дистанционного зондирования Земли в Украине. Одной из главных проблем является поиск оптимальных композиций их характеристических признаков для получения максимального количества содержательной информации. Большими информационными возможностями владеют физиономичность и гистограммы распределения яркости изображений. Они индицируют литологический состав пород, орографию, особенности почвенного покрова, породного состава древесных насаждений, сельскохозяйственных угодий, степени эрозионной деградации и т. д.*

*Investigation of the landscape systems is an important link of the ground sector of the remote sensing in Ukraine. The search of the optimal composition of their information characteristics to receive maximum substantial information is the main problem. Physiognomy and reflectance distribution histograms have broad possibilities in this context. They indicate rock's lithologic composition, orography, peculiarities of the soil cover, trees composition, agricultural territories, erosion degree etc.*

Теорія та методика ландшафтознавства, а також головний об'єкт його дослідження – ландшафтні системи активно задіяні у сфері тематичного опрацювання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в Україні. Про це свідчать публікації дотичних до космічної галузі провідних наукових установ [4, 5, 6, 7, 8, 9]. Увага до науки про ландшафтні системи зумовлена передусім намаганням максимально врахувати об'єктивні речі, а саме факт ландшафтно-організаційної приземної зондованої оболонки. Достовірне виділення елементів цієї організації – умова об'єктивного районування території та класифікації встановлених районів. Мережа та властивості останніх – основа зародження та розвитку геоекологічних процесів та явищ, обґрунтування організаційно-господарських заходів, пов'язаних з сільським, лісовим, водним господарством тощо. Тому вдосконалення старих та розроблення нових методів дешифрування ландшафтних систем, пошук та дослідження їхніх діагностичних ознак, аналіз географічної інформативної місткості їхніх зображень – актуальне завдання. Встановивши оптимальний набір характеристичних параметрів ландшафтних систем та оцінивши їхні ідентифікаційні можливості, одержуємо змогу і візуально, і комп'ютерним способом (автоматично чи автоматизовано) впізнавати ландшафтні утворення на матеріалах дистанційних знімків, визначати їхні властивості, чинники формування, прогнозувати розвиток та функціонування, пропонувати ефективні управлінські рішення щодо їхнього використання та поліпшення.

Оскільки ландшафтні системи є складними неоднорідними утвореннями, на найбільшу увагу заслуговують структурно-текстурні інформативні ознаки. В Україні для їхнього опису та ідентифікації розробляють просторовий спектральний аналіз, випадковий двомірний марківський процес першого порядку та метод фрактальної геометрії [3, 4, 6, 7, 8, 9]. Проте з огляду на малий обсяг вихідних експериментальних даних та недостатню верифікацію у різних географічних умовах, запропоновані моделі носять обмежений характер. Далеко не до кінця досліджена й їхня змістовна (географічна, ландшафтна) місткість. І поки запропоновані підходи перебувають у стадії розроблення, для оцінки змістовного навантаження зображень ландшафтних систем використовують апробовані структурні ознаки.

Однією з них є запропонована С. В. Вікторовим, А. Г. Чікішевим [2] фізіономічність. У нашому трактуванні – це згруповані у певні композиції (оптичні структури) стійкі, контрастні, географічні за змістом складові ектоярусу. На космічних знімках масштабу 1: 100 000 згадані цілісні макроструктури збігаються з ландшафтними одиницями рангу ландшафт. Територіально ландшафти приурочені до морфоструктур третього-четвертого порядків.

Складовими фізіономічності є антропо-, лісо-, оро- педо- та гідроелементи. Вони вибірково чи у повному складі присутні у кожному ландшафті і покривають усю його територію. Фізіономічно подібні ландшафти об'єднують у фізіономічні класи (типи фізіономічних композицій або оптичних структур), наприклад, оролісофізіономічний, антрополісофізіономічний з елементами гідрофізіономічності тощо.

Маючи малу кількість оптично контрастних складових та володіючи цілісністю сприйняття, фізіономічність відповідає психофізичним умовам надійного впізнавання. Вона передає макроструктуру ландшафтного утворення, стисло інформує про його генезис, будову, ступінь антропогенної трансформації, індикує невідображені в ектоярусі складові, є стійкою в часі.

Ороелемент – ті елементи пластики рельєфу, які візуально сприймаються на знімках. На рівнинах його основу складають ярково-балкова та річково-долинна мережа, схили та межиріччя, у горах – схили, численні потоки та річкові долини. У дрібних масштабах ороелемент на знімках здебільшого невиражений. У такому разі він не входить до структури фізіономічності. Гідроелемент – площинні водні поверхні природного та штучного походження (озера, стави, водосховища). До лісоелемента відносимо деревні та чагарникові насадження. До антропоелемента належать сільськогосподарські угіддя, населені пункти, сліди гірничодобування та іншої виробничої діяльності, транспортні артерії тощо. Під педоелементом розуміємо відкриті поверхні ґрунту. Оскільки педоелемент є складовою частиною антропоелемента, у назві фізіономічності його окремо не виділяємо. Тип фізіономічності ландшафтів змінюється з зпереходом з одного масштабного рівня на інший. Окремі його елементи губляться, інші з'являються.

Як засвідчують результати аналізу зображень ландшафтів західної України на космічних знімках масштабу 1: 100 000, фізіономічність передусім індикує структурно-тектонічні особливості території – приуроченість до певної морфоструктури та її місцезоташування. Структурно-тектонічна належність визначає загальні риси композицій та тенденції їхньої структури. До великих природних регіонів західної України приурочені такі оптичні структури: Велике і Мале Полісся – антрополісо-, лісоантропо- з елементами гідрофізіономічності; Волинська височина і Поділля – ороантропо- з елементами лісофізіономічності; ороантропо- з елементами лісо- і гідрофізіономічності; Опілля – лісоороантропо-, антропооролісофізіономічність; Передкарпаття – чергування антропо- з елементами лісоорофізіономічності та ороантрополісофізіономічності (антропооролісофізіономічності); крайове низькогір'я – антропооролісофізіономічність; Скибові Карпати – лісооро- з елементами антропофізіономічності; Міжгірсько-Верховинські Карпати – лісоороантропо-, ороантрополісофізіономічність; Полонинські Карпати – лісооро- з елементами антропофізіономічності.

У випадку однорідності тектоніки, геології, поверхневих відкладів, рельєфу та тісного взаємозв'язку між всіма іншими складовими спостерігається впорядкованість фізіономічних структур, тобто рівномірне їхнє поширення по території ландшафтних систем. У разі невпорядкованої мінливості літогенних складових генетично однорідні території фізіономічно неоднорідні, що призводить до незбігання меж одиниць фізико-географічного поділу та меж фізіономічних окремоностей (композицій) і ускладнює достовірне оконтурення ландшафтних систем на знімках.

Фізіономічність несе у собі інформацію і про конкретні літологічні та орографічні умови. Ми встановили, що ландшафтні оптичні композиції приурочені до певних орографічних ніш, тобто до певних рівнів коливання висот вершинних поверхонь та відносних перевишень. У рівнинній частині найбільший вплив на структуру фізіономічності має висота вище рівня моря. У низовинних ландшафтах її зростання

приводить до посилення ролі антропоелемента, а у височинних – лісоелемента. У першому випадку з висотою кількість площ, придатних для сільськогосподарського використання зростає, у другому – зменшується. Ландшафти з домінуванням антропоелемента не піднімаються вище 400 м в. р. м. Важливим обмежуючим чинником щодо просторового поширення антропофізіономічності є глибина ярково-балкових форм, оскільки вона змушує переводити частину сільськогосподарських земель у чагарниково-лісовий фонд.

Появі гідроелемента (ставів) на височинах сприяють широкі давні, успадковані сучасною річковою сіткою річища, озероподібні розширення долин, незначні перепади висот та пологі короткі схили. На низовинах гідроелемент (озера) присутній у ландшафтах, де абсолютні висоти не перевищують 190 м.

Велика участь у структурі фізіономічності оро-та лісоелементів та фрагментарність антропоелемента відмічена у ландшафтах, приурочених до локальних тектонічних піднять невеликих поперечних розмірів. Збільшення площ і поява широких річкових долин призводить до зростання частки антропоелемента.

На знімках цього масштабу великий вплив на виявлення орофізіономічності має величина відносних перевищень. Відсутність ороелемента у фотозображенні (низовинні ландшафти) прив'язана до перепадів висот 1–20 (рідко 30–40 м). Висота вище рівня моря при цьому може коливатися у дуже широких межах, але не перевищувати 300 м. Фрагментарну орофізіономічність відмічено при різниці між екстремальними гіпсометричними рівнями у 20–40 м за умови поєднання у межах ландшафту “низовинних” і “височинних” типів рельєфу. Чітко вираженим по площині знімка ороелемент є тоді, коли глибина вертикального розчленування у цілому більша за 40 м.

У горах фізіономічність передусім несе у собі інформацію про висотний рівень території та перепади висот у її межах. На приблизно однакових висотах набір та співвідношення складових ектояруса індикують літологію порід (якісний склад літологічних світ, їхні розміри, характер чергування та розміщення, морфологію та метричні показники створюваних ними форм рельєфу).

Двочленна (оро-і лісоелемент) з фрагментарним антропоелементом структура фізіономічності властива високопіднятим ландшафтам з домінуванням у карпатському фліші щільних пісковиків. Співвідношення у сприйнятті цих фізіономічних елементів визначається гіпсометричним рівнем і величиною відносних перевищень. У разі абсолютних висот 700–1200 м і відносних перевищень 60–600 м переважає лісоелемент, у разі висот 800–2000 м і відносних перевищень 300–1230 м – ороелемент. Головною причиною фрагментарності антропоелемента є велика крутість схилів, яка не сприяє ні розміщенню населених пунктів, ні сільськогосподарській діяльності.

Локальне пом'якшення орографічної ситуації, виражене у зменшенні амплітуди висот появи неглибоковрізаних річкових долин і пологих схилів, призводить до формування фізіономічно тричленних (з помітною часткою антропоелемента) ландшафтів. Переважання лісоелемента і добра вираженість ороелемента зафіксована у периферійних Скибових та Міжгірсько-Верховинських Карпатах. Домінантна антропофізіономічність здебільшого властива ландшафтам внутрішньої синклінальної зони, для яких характерна пологосхилість, широкі привододільні поверхні, добра транспортна доступність, пом'якшена (за рахунок вітрової тіні) агрокліматична ситуація, густорозгалужена річкова мережа. Високою часткою антропоелемента у виділяються й інші ландшафти з суцільною чи частковою синклінальною будовою.

Встановлені між певними оптичними структурами та елементами геолого-геоморфологічної будови зв'язки дають змогу індикувати останні на фізіономічно та генетично подібних територіях, а також в інших масштабах зображень.

Фізіономічність піддається математичному опису та представленню, зокрема, через локальні статистичні характеристики зображення, які розраховують з допомогою функції розподілу яскравості пікселів (локальної гістограми), тобто зі статистик першого порядку. На цьому методі, за словами О. Б. Буту сова [1], ґрунтується більшість текстурних алгоритмів. За градаціями тональної шкали гістограми можна виявити характерні риси зображення. Як ознаки використовують середні значення, дисперсію, моменти вищих порядків[3].

Ми спробували дати географічне тлумачення гістограмам розподілу яскравості, одержаним для репрезентативних ділянок ландшафтів західної України на знімках інфрачервоного та червоного спектральних діапазонів масштабу 1: 1 000 000. Гістограми відтворюють розподіл яскравості за 36 рівнями квантування. Кількість рівнів вибирали з урахуванням можливості візуального сприйняття та аналізу і належної змістовної інформативності. Крім малюнка гістограми, оцінювали статистики її опису – середнє яскравості (або оптичної щільності), дисперсію, коефіцієнт асиметрії, коефіцієнт ексцесу. Програму склав доцент Львівського національного університету В. Грицевич.

З огляду на мінливість оптичних параметрів не будемо аналізувати їхні абсолютні значення. Зупинимось на характеристиці природно-господарської інформації, яку можна одержати з їхньою допомогою.

Різко відмінні показники відбиття мікроелементів, з яких складаються фізіономічні окремоті, зумовлюють широкий розкид значень яскравості. Подібні ж відбивні властивості різних елементів зумовлюють повторюваність однієї і тієї ж яскравості у різних фізіономічних структурах. Це зводить до мінімуму однозначну ідентифікацію усіх складових ектояруса. Проте окремі риси впізнаються з високою достовірністю, зокрема, фізіономічна складність та ступінь антропогенного освоєння території. Серед усіх елементів фізіономічності антропо- та лісоелемент гістограми передають найкраще. І в червоній, і в інфрачервоній зонах спектра головними ознаками домінантної антропофізіономічності є широка гістограма та великі значення дисперсії. Велика оптична різноманітність території формується за рахунок різних угідь, культур, просторових змін у гумусованості та зволоженості ґрунтів. Середнє яскравості антропоелемента залежить від типу угідь. У разі відкритої поверхні ґрунту і однакових умов зволоження на нього найбільше впливає ступінь гумусованості поверхні ґрунту. Чим вона вища, тим середнє яскравості менше. В інфрачервоній зоні спектра максимальних значень середній яскравості ландшафтів надають вкриті рослинністю поля та луки, адже зелена трава у цьому спектральному діапазоні має високий коефіцієнт спектральної яскравості. У горах величина дисперсії антропоелемента ще більша. Це відбувається внаслідок більшої строкатості ектояруса, сформованої за рахунок частого чергування великої кількості дрібних структурних елементів (схилів, ярів, зсувів, городів, сіножатей, пасовищ, острівків лісу тощо).

У червоній зоні спектра малюнок гістограми антропоелемента і значення її статистик залежать від низовинного чи височинного характеру території. На низовинах спостерігаються відносно великі значення дисперсії яскравості. Це відбувається за рахунок високої розораності і, відповідно, пістрявості поверхні. Самі ж значення яскравості великі, що зумовлено поширенням слабогумусованих дерново-підзолистих ґрунтів. На височинах антропофізіономічність через темний колір поверхні ґрунтів має нижчу яскравість. Проте у випадку високої ерозійної почленованості та інтенсивного площинного змиву яскравість зростає. Змиті ґрунти набагато світліші і, відповідно, краще відбивають сонячне проміння.

Переважно лісофізіономічні ландшафтні системи виділяються меншим розкидом значень яскравості та низькими її показниками. Найтемнішими є ландшафти з домінуванням хвойних лісів. Ці ж утворення через своєрідний вузький зміщений в один бік малюнок гістограми найлегше ідентифікувати на гістограмах. У випадку широкого поширення листяних лісів – світлих в інфрачервоній зоні, відмінності між антропо- та лісоелементом значною мірою знівельовані, а тому встановити тип фізіономічності набагато складніше.

У червоному спектральному діапазоні, де різниця яскравості між листяними та хвойними породами дерев не простежуються, фізіономічна своєрідність ландшафтів підкреслена ще більшою мірою. Згладження коефіцієнтів яскравості всіх деревних насаджень призводить до зменшення до мінімуму показника дисперсії. Проте у гірських та рівнинних ландшафтах він різний. У другому випадку – більший, оскільки породний склад деревостанів та умови їхнього проростання різноманітніші. Меншою стає і середня яскравість.

Отже, математичне представлення фізіономічності порівняно з вербальним значно розширює обсяг інформації. З'являється змога одержувати відомості про геоморфологічну належність території (низовинна, височинна чи гірська), ступінь еродованості ґрунтів, породний склад деревостанів, переважаючі типи сільськогосподарських угідь тощо.

І фізіономічність і гістограми як способи передачі поверхневої структури ландшафтних систем заслуговують на увагу. Дослідницькі роботи варто проводити у напрямі пошуку оптимальної з погляду змістовного навантаження форми їхнього подання, а також способів та можливостей екстраполяції одержаних відомостей на інші території.

#### Література

1. Бутусов О. Б. Алгоритмы текстурной классификации типов лесов на основе анализа космических снимков с ИСЗ "LANDSAT-7" // Исслед. Земли из космоса – 2002. – №5. – С. 87–96.
2. Викторов С.В., Чикишев А.Г. Ландшафтная индикация и ее практическое применение. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 200 с.
3. Пахомов І.П., Соколов В.В. Структурно-текстурна обробка аеро- та космічних зображень // Вісн. геодезії та картографії. – 2002. – №2 (25). – С. 32–37.
4. Федоровский А. Д. К вопросу дешифрирования космических снимков природных ландшафтов // Космична наука і технологія. – 1999. – Т. 5. – №5/6. – С. 9–15.

5. Федоровский А. Д., Гриневецкий В. Т., Костюченко Ю. В., Кувшинов А. Ю. Ландшафтный подход при дешифрировании космических снимков // *Космічна наука і технологія*. – 1998. – Т. 4. – №1. – С. 39–45.
6. Федоровский А. Д., Суханов К. Ю., Якимчук В. Г. К вопросу оценки космических снимков при дешифрировании природных ландшафтов // *Космічна наука і технологія*. – 1999. – Т. 5. – №1. – С. 24–31.
7. Федоровский А. Д., Якимчук В. Г., Новиков Р. И. и др. Дешифрирование космических снимков: распознавание ландшафтных зон на основе структурного анализа // *Космічна наука і технологія*. – 2000. – Т. 6. – №2/3. – С. 39–44.
8. Федоровский А. Д., Якимчук В. Г., Рябоконеко С. А. Дешифрирование космических снимков ландшафтных комплексов с использованием марковской модели изображения // *Космічна наука і технологія*. – 2001. – Т. 7. – №5/6 – С. 80–84.
9. Федоровский А. Д., Якимчук В. Г., Рябоконеко С. А. и др. Дешифрирование космических снимков ландшафтных комплексов на основе структурно-текстурного анализа // *Космічна наука і технологія*. – 2002. – Т. 8. – №2/3. – С. 76–83.