

Здійснено аналіз та узагальнення досвіду ГК міжнародних зв'язків, зокрема міграцій, міжнародної торгівлі, руху морських суден. В результаті аналізу виявлені головні функції взаємодії користувача з електронними картами (масштабування, переміщення по карті, виділення окремих об'єктів, доступ до просторових баз даних через картографічний інтерфейс, вибір рівня узагальнення кількісних показників, вибір часового інтервалу візуалізації, вибір швидкості анімації тощо). В статті визначено тематику і джерела даних, необхідні для картографування міжнародних зв'язків засобами ГІС. Запропоновано алгоритм створення карт міжнародних зв'язків між країнами. Автором розроблено графічну модель (блок-схему) алгоритму ГК міжнародних зв'язків. В статті визначено необхідність подальших досліджень щодо створення складових ІПД України, що будуть містити інформацію про міжнародні зв'язки.

Д. Ляшенко, канд. геогр. наук, доц.  
Национальный транспортный университет, Киев, Украина

### АЛГОРИТМИЗАЦІЯ ГЕОІНФОРМАЦІОННОГО КАРТОГРАФІВАННЯ МІЖНАРОДНИХ СВ'ЯЗІЙ

*В статті сформульовані вимоги до створення алгоритмів геоінформаційного картографування (ГК) міжнародних зв'язків. Определены элементы баз данных, необходимые для геоинформационного картографирования международных связей, определены требования к источникам пространственных данных. Обосновано тематику серий статических и интерактивных карт. Представлена блок-схема алгоритма ГК международных связей Украины.*

*Ключевые слова: пространственные данные, геоинформационное картографирование, международные связи, алгоритм.*

D. Liyashenko, Ph. D. in Geography  
National Transport University, Kyiv, Ukraine

### ALGORITHM OF INTERNATIONAL RELATIONS GEOINFORMATION MAPPING

*The objective of the article is to show the algorithm of international relations geoinformation mapping. During the mapping we can mine unknown or hidden knowledge which can be understood from the spatial database and improve the ability of interpreting data. The algorithm of mapping can be divided into five phases described as follows: investigation of potential map user's demands, spatial data analysis and selection (accuracy, consistency, fullness); scale, map projections and map composition choice (main meridian, map frame, map distortions), spatial data pre-processing (metadata description, data normalization, data generalization, data quality control, error detection, anomalies, duplication and noise detection, correction of errors, data deduplication), data mining (creation of classifications, cluster and factor analysis, decision trees, neural networks, self-organizing maps, association rules, quality assessment), map creation, knowledge representation and evaluation.*

*The article arranges experience of international relations geoinformation mapping. The international relations maps of Ukraine potential users (state and region management, educational, cultural, advocacy, international marketing and advertising, media business), subjects (substance, energy and information flows) and indicators arrays are proposed. Main subjects of maps can be described as follows: military-political, economic-political, socio-political and ideological relations; migrations and refugees, international tourism, export and import of goods and services, information flows (flows of culture elements, artifacts and tangible cultural monuments, scientific knowledge, ideas, technologies, traditions, beliefs, ideology, etc.), transport and business infrastructure. The requirements for spatial data sources for international relations geoinformation mapping are defined. The algorithm of international relations static and interactive maps creation and analysis are founded. The flow chart of Ukraine international relations geoinformation mapping algorithm is presented.*

*Keywords: spatial data mining, knowledge, data, metadata, pre-processing, geoinformation mapping, international relations, export, import, political relations, substance, energy and information flows, spatial data sources, flow chart, and algorithm.*

<http://doi.org/10.17721/1728-2721.2016.65.11>  
УДК 528.71

І. Підлісецька, канд. геогр. наук, Г. Сільвейстров, студ.  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ,  
О. Томченко, канд. техн. наук, мол. наук, співроб.  
ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, Київ

### ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ПОТРЕБ ГЛЯЦІОЛОГІЇ

*Проведено аналіз методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для потреб гляціології та тенденцій сучасних досліджень цього напрямку. Дистанційні методи не тільки прискорюють процес дослідження природних ресурсів, але й дають принципово нову інформацію про природу Землі, її окремі компоненти, явища та процеси, які звичайними методами отримати неможливо. Представлено технологію оброблення даних дистанційного зондування на прикладі льодового покриву льодовика Колумбія (Аляска, США) за допомогою ГІС-пакету ArcGIS та з використанням космічних знімків серії супутників Landsat за різні роки, отримані через сервіс Earth Explorer Геологічної служби США (USGS). Розроблено картосхему змін льодового покриву льодовика Аляска протягом сорока років, яка дозволила прослідкувати динаміку відступання льодовика та наочно демонструє зміни його меж.*

*Ключові слова: дистанційне зондування Землі, гляціологія, льодовий покрив, дешифрування знімків.*

**Постановка проблеми.** Однією з найбільших проблем XXI ст. є глобальне потепління, сліди якого ми бачимо у багатьох сучасних явищах природи. У науковців є достатні підстави стверджувати, що потепління

почалося в середині XIX ст. про що свідчать, зокрема, зміни в поширенні і режимі гірського зледеніння. Свого останнього максимуму зледеніння льодовики в Альпах і на Кавказі досягли саме в середині позаминулого сто-

#### Список використаних джерел

1. Бондаренко Е., Смирнов Я. Алгоритм геоінформаційного картографування земельних ресурсів чернівецької області на основі інфраструктур просторових даних // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка, серія Географія. – Вип. 1(63) / 2015.
2. Гринберг А.С., Король І.А. Информационный менеджмент: Учеб. пособие для вузов. – М., 2003.
3. Паронджанов В.Д. Учись писати, читати і розуміти алгоритми. Алгоритми для правильного мислення. Основи алгоритмізації. – М., 2012.
4. Словник української мови: в 11 т. / [ред. колег. І. К. Білодід (голова) та ін.]. – К., 1980.
5. Bin Li, Lihong Shi, Jiping Liu and Liang Wang (2012). Research on Spatial Data Mining in E-Government Information System, Data Mining Applications in Engineering and Medicine, Associate Prof. Adem Karahoca (Ed.), InTech [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.intechopen.com/books/data-mining-applications-in-engineering-and-medicine/research-on-spatial-data-mining-in-e-government-information-system>
6. Boyandin I. Using Flow Maps to Explore Migrations Over Time / I. Boyandin, E. Bertini, D. Lalanne // Workshop in Geospatial Visual Analytics: Focus on Time, GeoVA(t). – Guimarães, Portugal, 2010. – режим доступу: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.455.7957&rep=rep1&type=pdf>

Надійшла до редколегії 31.10.16

ліття. Дослідження вчених виявили льодовикові язики серед лісів, повалені наступаючим льодом вікові дерева, моренні вали на місці зупинки льодовиків того часу.

Розуміння тенденцій розвитку зледеніння важливе і з наукової, і з практичної точок зору. Тому потрібно досліджувати характер і величину поточних змін льодовиків, а також сучасні кліматичні зміни. При аналізі важливо враховувати не лише загальний характер і тенденції змін клімату, а й характер змін у конкретних льодовикових районах.

Дистанційні методи не тільки прискорюють процес дослідження природних ресурсів, але й дають принципово нову інформацію про природу Землі, її окремі компоненти, явища та процеси, які звичайними методами отримати неможливо. Важкодоступність для наземних спостережень, велика сезонна мінливість гляціологічних об'єктів зумовили широке використання космічної інформації для їхнього вивчення. Завдяки можливості одночасної фіксації величезних територій, космічне знімання широко застосовується для вивчення снігового покриву землі, гірського й покривного зледеніння, зокрема для визначення основних характеристик снігового покриву, меж його поширення та динаміки, оцінювання товщі й водних запасів у сніговому покриві, вивчення сніготанення, снігових лавин, вивчення полою і підземного льоду. Успішному дешифруванню сприяють різні природні утворення (рельєф місцевості, гідрографічна мережа, рослинність), відображені на космічних знімках.

Для більшості льодовикових районів планети триває збір і накопичення інформації про сучасний стан льодовиків і зміни, які відбуваються в них. Однак організувати прямі спостереження на деяких льодовиках дуже нелегко через їх віддаленість (льодовики в районах з суворим кліматом, гірські льодовики тощо). Тому головним методом таких досліджень переважно є використання даних космічних знімків.

Перелік технічних засобів, які використовуються для отримання даних про стан земної поверхні з космосу, включає велику кількість датчиків, які різняться за радіометричною і геометричною роздільною здатністю. Вони сканують земну поверхню у вікнах прозорості оптичного, теплового та радіодіапазону атмосфери.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У статті [3] подано аналіз сучасних технологій досліджень льодовиків та проаналізовано застосування різних методів та прийомів дослідження змін льодовиків. Зміна маси льодовиків істотно впливає на гравітаційне поле, швидкість обертання Землі, тривалість дня – ці дослідження розглянуто у статті [7] та ін. [4].

**Метою** є аналіз і оброблення матеріалів дистанційного зондування для дослідження зміни льодового покриву льодовика Колумбія (Аляска).

**Виклад основного матеріалу.** Отримання й зберігання матеріалів космічних знімків у цифрових форматах розширюють можливість застосування геоінформаційних методів аналізу, у тому числі, і для дослідження сучасного стану льодовиків та їх зміни. Сучасні геоінформаційні технології дають можливість автоматично отримувати ряд гляціологічних параметрів і формувати каталог на основі контурів льодовиків і цифрових моделей рельєфу (ЦМР).

Дешифрування контурів за космічними знімками сьогодні відбувається в найбільш використовуваних (ArcGIS, ERDAS, ENVI) або спеціалізованих (GLIMSVIEW) програмних продуктах. Після отримання контурів льодовиків за космічними знімками і відповідної ЦМР використовується ряд інструментів геоінформаційного аналізу для отримання характеристик льодовиків, таких як, площа, мінімальні, максимальні і серед-

ні висоти, середні кути нахилу і експозиція. Для розрахунку гіпсометричних параметрів льодовиків може бути використане програмне забезпечення ArcGIS або GlobalMapper, програми для перегляду, редагування і конвертації великої кількості картографічних форматів, як растрових, так і векторних.

Дослідження льодового покриву розглянуто на прикладі льодовика Колумбія (Аляска, США), що є льодовиком прибережного типу в протоці Принца Вільяма на південному узбережжі штату Аляска (США). Він є одним з найшвидших рухомих льодовиків у світі, який почав танути й відступати на початку 1980-х років. На той час льодовик Колумбія мав довжину 64 км і товщину 600 м. Він був цікавим туристичним об'єктом на шляху між містами Валдіз і Уїттїер. Зазвичай, пороми зупинялися між групами айсбергів, щоб подавати гудки в надії, що через високий рівень гучності від льодовика відколеться брила. Але через деякий час цей льодовик почав танути й відступати. Айсберги стали швидше відколюватися в затоку Принца Вільяма, тому ущільнення снігу не встигало заповнювати ці втрати. Результатом швидкого відколювання стало те, що з початку спостережень за льодовиком він втратив 400 м в товщині і відступив на 16,9 км.

Швидкість відступу льодовика досягла максимуму, майже в 30 метрів на добу, в 2001 р. Середня швидкість становила близько 0,6 км (0,37 милі) на рік починаючи з 1982 р. У найближчі кілька десятиліть очікується, що льодовик відступе ще на 15 кілометрів, до точки, де ложе льодовика підноситься над рівнем моря.

Завдяки фотознімкам National Geographic, зробленим у цій місцевості, можна наочно визначити масштаби процесів, що відбуваються.

Моніторинг зміни льодовиків наочно підтверджує загальну тенденцію глобального потепління на планеті.

**Технологічні етапи оброблення матеріалів ДЗЗ.** Для дослідження були використані чотири багатозональні космічні знімки однієї території, отримані серією штучних супутників Землі Landsat (кожен знімок являє собою архівований набір зображень у форматі GeoTIFF):

- Landsat 2 (з мультиспектральним сканером (MSS)) – 10 липня 1975 р.;
- Landsat 5 (сенсор ThematicMapper (TM)) – 28 липня 1986 р.;
- Landsat 7 (сенсор EnhancedThematicMapperPlus (ETM+)) – 15 вересня 2001 р.;
- Landsat 8 (сенсор OperationalLandImager (OLI)) – від 14 серпня 2015 р.

Знімки отримані через сервіс EarthExplorer Геологічної служби США (USGS). Вихідна картографічна проекція UTM, координатна система відліку WGS-84.

Растрові дані є одним з основних типів просторових даних в ГІС, такі як, супутникові знімки, аерофотознімки, регулярні цифрові моделі рельєфу, тематичні ґриди, отримані в результаті ГІС-аналізу та геоінформаційного моделювання. У програмі ArcGIS є набір інструментів для роботи з растровими даними, що дозволяє проводити обробку матеріалів ДЗЗ, а також виконувати подальший аналіз з використанням аналітичних функцій ГІС. Повна інтеграція з ArcGIS дозволяє провести швидке перетворення просторово-координованих растрових даних з однієї картографічної проекції в іншу, виконати трансформування і координатну прив'язку зображення, конвертацію з растрового у векторний формат і навпаки.

В останніх версіях ArcGIS в стандартний набір доданий цілий ряд функцій для роботи з растрами, багато з яких доступні в новому вікні "Аналіз зображень" (Image Analysis), який був використаний для подальшої роботи. До нього включені чотири конструктивних елементи: вікно зі списком відкритих растрових шарів; кно-

пка "Опції" (Options) для установки параметрів за замовчуванням для деяких інструментів; два розділи з інструментами – "Відображення" (Display) і "Обробка" (Processing). У розділі "Відображення" зібрані разом налаштування, що покращують візуальне сприйняття знімків на екрані монітора, в розділі "Обробка" представлено ряд функцій по роботі з растрами. Панель "Обробка" у вікні "Аналіз зображень" (ImageAnalysis) значно полегшує роботу з растрами в ArcMap .

Для формування тимчасового синтезованого зображення було додано спектральні канали знімка до директорії шарів (Table Of Contents), після чого, виділивши їх на панелі списку шарів вікна "Аналіз зображень" (ImageAnalysis), потрібно натиснути кнопку "Скласти канали" (Composite Bands) на панелі "Обробка" (Processing).

Наступним етапом було синтезування знімків в різних комбінаціях каналів для покращення відображення об'єкта і візуального його сприйняття та подальшого оброблення знімків.

Щоб виконати процедуру синтезування, обирають три зональні зображення, які розглядають як червону, зелену й синю складову палітри RGB. Отримане кольорове зображення сприяє кращій ідентифікації об'єктів знімання. Результати синтезу оцінюють візуально, цілеспрямовано підбираючи зональні знімки для кольорових компонентів.

Для знімків з Landsat 5, 7 було виділено канали 3,2,1, для знімку Landsat 8 виділено канали 4, 3, 2. Ця комбінація каналів найкраща для візуального аналізу стану льодового покриву. При опрацюванні космічних знімків важливим є поєднання каналів, яке дає можливість отримати вищий показник інформативності.

Для формування вже мультиспектрального синтезованого зображення в окремому графічному файлі

використано інструмент "Об'єднати канали" (Composite Bands) групи інструментів "Растр" (Data Management Tools – Raster – Raster Processing) у вікні ArcToolbox.

Синтезувавши всі чотири знімки ми змогли візуально оцінити зміни, що відбулися з льодовим покривом даної місцевості за 40 років (рис. 1).

Для визначення меж льодовика використовують різні способи. Один з них полягає у ручній оцифровці його меж. Цей спосіб вимагає досвіду візуального дешифрування льодовиків. Ефективність процесу дешифрування меж льодовиків залежить від геометричних і радіометричних характеристик знімків і методів їх обробки. На сьогодні для цієї мети використовують як спектрозональні, так і панхроматичні знімки, одержані в оптичному діапазоні спектра. До переваг перших, одержуваних у вузьких спектральних діапазонах, можна віднести можливість використання відмінностей спектральних характеристик снігу, льоду і корінних порід для більш впевненого розпізнавання їх меж і реалізації автоматизованих методів дешифрування. Відмінності в спектральних характеристиках снігу і льоду від корінних порід використовуються в автоматизованих методах дешифрування, які в даний час активно розробляються, а результати їх практичної реалізації для визначення положень кордонів льодовиків публікуються і обговорюються. Окрім цього даний спосіб потребує достатньо великої кількості часу.

Інший спосіб базується на визначенні індексу снігу NDSI з використанням автоматизованої порогової класифікації, який і було застосовано. Normalized-Difference SnowIndex (NDSI) – нормована різниця двох каналів (по одному у видимій ділянці спектра і один в ближній інфрачервоній області спектра або короткохвильовій інфрачервоній частині спектра) використовується для відображення снігового та льодового покриву.

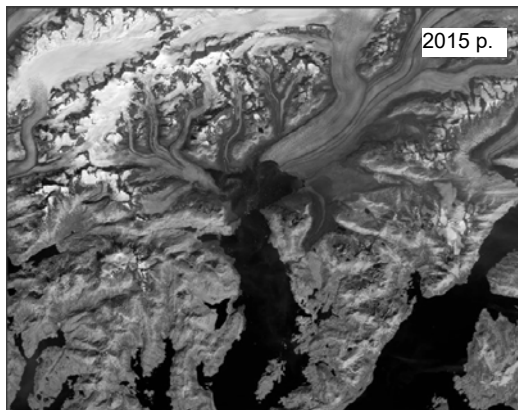
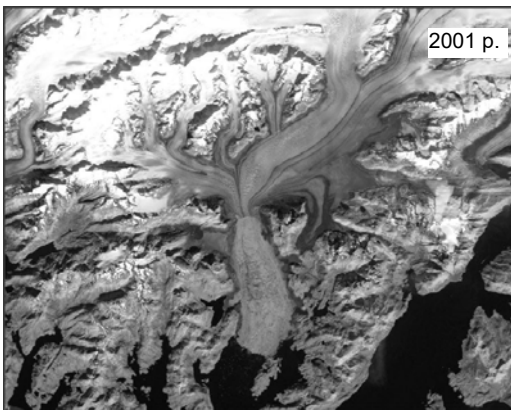
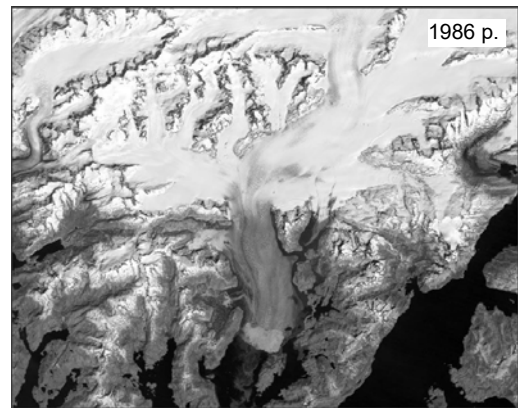
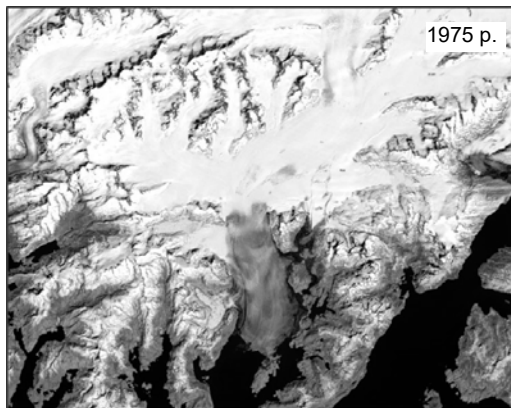


Рис. 1. Синтезовані ображення космічних знімків льодовика Колумбія

Інший спосіб базується на визначенні індексу снігу NDSI з використанням автоматизованої порогової класифікації, який і було застосовано. Normalized-Difference SnowIndex (NDSI) – нормована різниця двох каналів (по одному у видимій ділянці спектра і один в ближній інфрачервоній області спектра або короткохвильовій інфрачервоній частині спектра) використовується для відображення снігового та льодового покриття. Сніг має високу відбивну здатність у видимій частині спектра і сильно поглинає хвилі в ближній інфрачервоній або короткохвильовій інфрачервоній частині спектра. В той же час коефіцієнт відбиття більшості хмар залишається на високому рівні в тих же частинах спектра, що дозволяє отримати гарний поділ хмар і снігового та льодового покриття. Індекс обчислюється за формулою (1). NDSI спочатку був розроблений для використання з Landsat TM / ETM + червоного та середнього інфрачервоного каналів, проте, він буде працювати з будь-яким мультиспектральними знімками із зеленим каналом в діапазоні між 0,5-0,6 мкм і ближнім інфрачервоним каналом з діапазоном між 0.76-0.96 мкм.

$$NDSI = \frac{R_{0,66} - R_{1,66}}{R_{0,66} + R_{1,66}} \quad (1)$$

де  $R_{0,66}$  – канал червоного діапазону з довжинами хвиль в інтервалі 0.63 – 0.69 мкм;  $R_{1,66}$  – канал середнього інфрачервоного діапазону з довжинами хвиль в інтервалі 1.55 – 1.75 мкм. Такими каналами для знімальної апаратури супутників Landsat відповідно є: Landsat 2 – 2 та 4, Landsat 5 – 3 та 5, Landsat 7 – 3 та 5, Landsat 8 – 4 та 6 [8].

Для виконання автоматизованої класифікації визначення меж льодовика виконано наступні етапи робіт. Методика порогової класифікації індексу снігу. Порогова класифікація полягає в розділенні об'єктів на класи відповідно значенням деякої ознаки. Тобто встановлюється поріг, і якщо значення ознаки нижче цього порога, об'єктам приписується приналежність до одного класу,

вище – до іншого. У нашому випадку класифікація космічних зображень виконувалася з використанням індексу снігу NDSI і порогу -0,04. Всі точки, для яких індекс більше даного значення відносились до класу сніг. Для цього спочатку було застосовано інструмент Float (Spatial Analyst Tools – Math – Float) у вікні ArcToolbox. Ця команда створює новий шар у якому кожне значення пікселя растра в каналі конвертоване в число з плаваючою точкою. Після цього необхідно розрахувати NDSI за допомогою інструмента Raster Calculator (Spatial Analyst Tools – Map Algebra – Raster Calculator). Далі у властивостях отриманого тематичного шару (Layer properties) у вкладці Symbology можна змінити градацію кольору (Color Ramp) та налаштувати класифікацію зображення за допомогою гістограми. Кольори підбираються особливо уважно для визначення найбільш наочної шкали. Виділивши таким чином межі льодовика, використовуючи інструмент перекласифікації (Spatial Analyst Tools – Reclass – Reclassify), змінюємо значення растра та видаляємо всі класи, окрім тих, що відображають льодовий покрив (рис. 2).

Далі застосовано інструмент Float (Spatial Analyst Tools – Math – Float) у вікні ArcToolbox. Ця команда створює новий шар у якому кожне значення осередку растра в каналі конвертоване в число з плаваючою точкою. Після цього необхідно розрахувати NDSI за допомогою інструмента Raster Calculator (Spatial Analyst Tools – Map Algebra – Raster Calculator). Далі у властивостях шару (Layer properties) у вкладці Symbology можна змінити градацію кольору (Color Ramp) та налаштувати класифікацію зображення за допомогою гістограми. Кольори підбираються особливо уважно для визначення найбільш наочної шкали. Виділивши таким чином межі льодовика, використовуючи інструмент перекласифікації (Spatial Analyst Tools – Reclass – Reclassify), змінюємо значення растра та видаляємо всі класи, окрім тих, що відображають льодовий покрив (рис. 2).

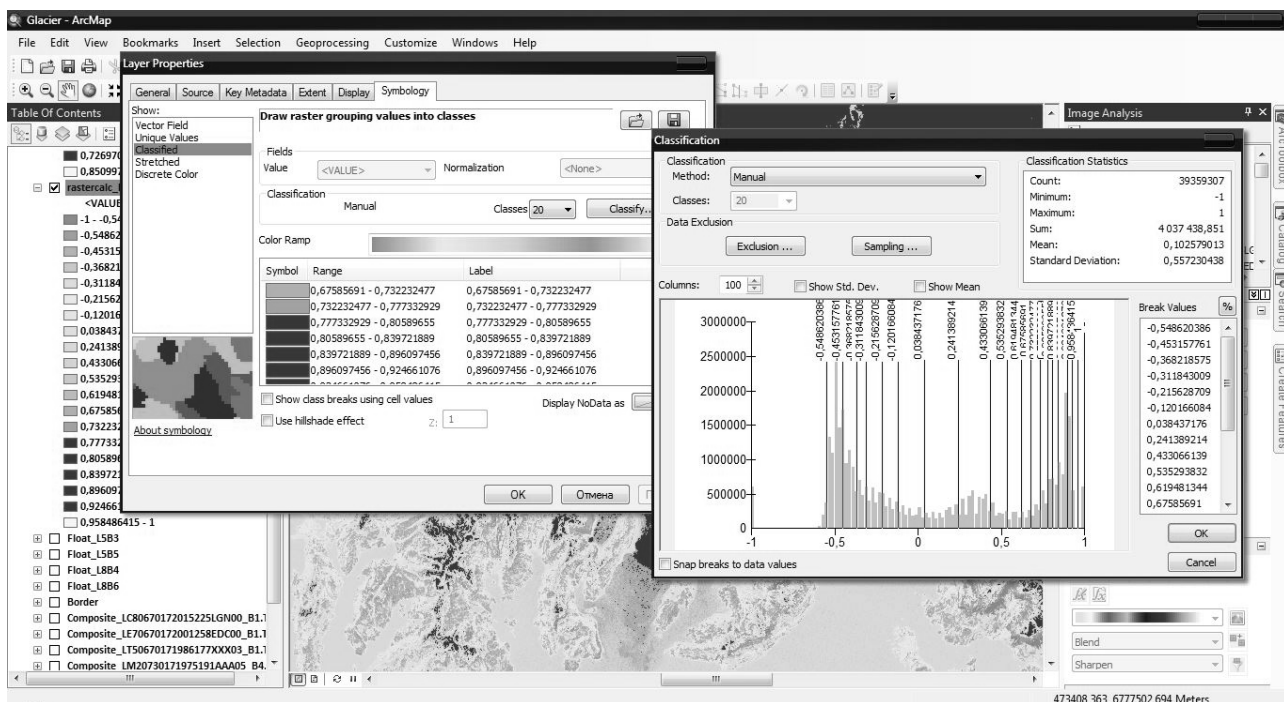
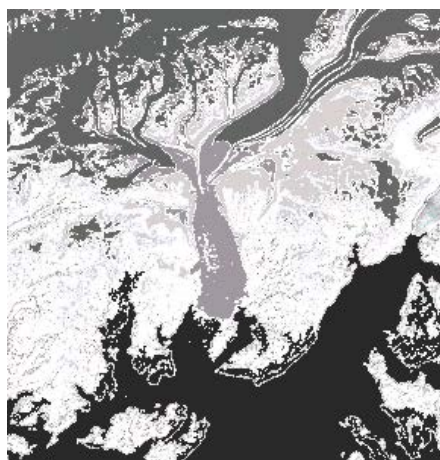


Рис. 2 Зміна градації кольору і класифікація зображення за допомогою гістограми розподілу значень (ArcGIS, ArcToolbox)

Останнім етапом роботи є розробка картосхеми (рис.3) змін льодового покриву району льодовика Колумбія (Аляска). Поєднавши чотири зображення льодового покриву за різні роки та виділивши їх різними кольорами можна прослідкувати динаміку відступання льо-

довика, визначити його площу та лінію фронту. Порівняння космічних знімків різних років за 40 – річний період дозволило встановити найістотніші зміни льодового покриву. Графічне оформлення виконано у програмно-му середовищі Adobe Illustrator.



Межі льодового покриву

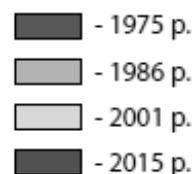


Рис. 3. Картосхема змін льодового покриву району льодовика Колумбія (Аляска)

**Висновки.** Сьогодні дистанційні методи досліджень, дозволяють абсолютно по-новому підійти до найважливішої проблеми розуміння еволюції природних процесів, а саме гляціологічних досліджень. Тривалі спостереження за льодовиками є в даний час одним з небагатьох способів відстежити глобальні кліматичні зміни на планеті. Дистанційне зондування є дуже важливим і у багатьох випадках незамінним у дослідженнях земної поверхні. Сучасні досягнення космічних знімків дали можливість вивчати різні регіони нашої планети та вести моніторинг природних явищ. Проаналізувавши матеріали останніх метеорологічних і гляціологічних спостережень у різних частинах земної кулі, можна стверджувати, що спостереження за льодовиками є лише частиною масових досліджень, які встановлюють тенденції глобальних кліматичних змін на усій планеті.

Вже майже півстоліття минуло з того часу, коли в 1970 рр. минулого століття з'явилась можливість використовувати космічні знімки для масової оцінки змін площі зледеніння. За останні десятиліття було ініційовано низку міжнародних проектів, які ставлять собі за мету створити цифрове покриття контурів всіх сучасних льодовиків на базі космічних зображень і зробити його доступним для широкого наукового співтовариства через мережу Інтернет. Серед таких проектів слід назвати міжнародний проект GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space

– Глобальне вимірювання наземного льоду з космосу), а також RGI (Randolph Glacier Inventory – глобальна база даних про положення кордонів льодовиків).

#### Список використаних джерел

1. Білоус В.В., Боднар С.П., Курач Т.М., Молочко А.М., Патиченко Г.О., Підлісецька І.О. Дистанційне зондування з основами фотограмметрії: [навч. посіб.] / упоряд. Курач Т. М. – К., 2011.
2. Костюченко Ю. Використання космічної інформації у вивченні гідросфери: Застосування супутникових спостережень для досліджень снігового і льодового покриву [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://geo-aerospace.blogspot.com/2014/10/blog-post\\_14.html](http://geo-aerospace.blogspot.com/2014/10/blog-post_14.html).
3. Марусаж Х. Аналіз сучасних методів дослідження кількісних параметрів льодовиків / Х. Марусаж // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК, Львів, 2014. – Випуск 1 (27).
4. Современные проблемы гляциологии [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://sites.google.com/site/glacioprof/>.
5. Токарева О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: [навч. посіб.] / Токарева О.С. – Томск, 2010.
6. Толстохатко В. А. Фотограмметрия та дистанційне зондування: [навч. посіб.] – Харків, 2013.
7. Dyurgerov M. B. Reanalysis of Glacier Changes: From the IGY to the IPY, 1960–2008 // Материалы гляциологических исследований. М., 2010. – Вып. 108, 8. Riggs, G., D. Hall, and V. Salomonson. "A Snow Index for the Landsat Thematic Mapper and Moderate Resolution Imaging Spectrometer." Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '94, Volume 4: Surface and Atmospheric Remote Sensing: Technologies, Data Analysis, and Interpretation (1994), pp. 1942-1944.

Надійшла до редколегії 09.11.16

И. Подлесецкая, канд. геогр. наук, асист., Г. Сильвейстров, студ.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченка, Киев, Украина,

О. Томченко, канд. техн. наук, млад. научн. сотр.

ГУ "Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины", Киев, Украина

#### ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ГЛЯЦИОЛОГИИ

Проведен анализ методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для нужд гляциологии и тенденции современных исследований. Дистанционные методы не только ускоряют процесс исследования природных ресурсов, но и дают принципиально новую информацию о природе Земли, ее отдельные компоненты, явлениях и процессах, которые обычными методами получить невозможно. Представлена технология обработки данных дистанционного зондирования на примере ледового покрова ледника Колумбия (Аляска, США) с помощью современного ГИС-пакета ArcGIS и с использованием космических снимков серии спутников Landsat за разные года, полученные через сервис Earth Explorer Геологической службы США (USGS). Разработана картосхема изменений ледового покрова ледника Колумбия в течение сорока лет, которая позволила проследить динамику отступления ледника и наглядно демонстрирует границы его изменения.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, гляциология, ледовый покров, дешифрирование снимков.

I. Pidlisetska, PhD, Assistant Professor, H. Silveistrov, stud.  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,  
O. Tomchenko, PhD, Junior Researcher  
State institution "Scientific center for aerospace researches of the Earth of IGS NAS of Ukraine", Kyiv, Ukraine

#### DATA PROCESSING TECHNOLOGY OF REMOTE SENSING IN GLACIOLOGY

*This article shows the analysis of remote sensing methods for needs of glaciology and trends of modern research. Remote sensing not only accelerates the process of investigation of natural resources, but also provides fundamentally new information about the nature of the Earth, its components, phenomena and processes, which cannot be obtained by conventional methods.*

*For most of glacial regions of the world scientists continue collecting information about the current condition of glaciers and changes that occur to them. However, often it is difficult to organize direct observation of some glaciers because of their apartness. Therefore, the main method of such research is using remote sensing data.*

*Here is an instance of remote sensing data processing technology on an example of the glacier Columbia (Alaska, USA) ice cover using modern GIS-package ArcGIS. For our research we used four Landsat satellite images during different years (1975, 1986, 2001, 2015) obtained through Earth Explorer Service of United States Geological Survey (USGS). Images have been synthesizing in various combinations of channels to improve displaying the object and its visual perception. We were able to estimate changes of the ice cover of the area for 40 years. We used a method of automated classification for determining glacier borders, which is based on snow index NDSI using. The result of work is a map of Columbia glacier ice cover changes for forty years, which has allowed exploring the dynamics of glacier retreat and demonstrates its border changes.*

*Today remote sensing completely allows solving crucial problems of understanding the evolution of natural processes, such as glaciology research. Long-term monitoring of glaciers is currently one of the few ways to track global climate changing on the planet.*

*Keywords: remote sensing, glaciology, ice cover, interpretation of satellite images.*