

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

С. М. АНДРЕЄВ, В. А. ЖИЛІН, В. О. КОВАЛЬОВА

КОСМІЧНА МЕТЕОРОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2019

УДК 528.93 : 004 (076.5)

ББК 26.17 : 32.97 Я 73

Рецензенти: д-р. техн. наук, проф. Р. Е. Пащенко,

канд. техн. наук, доц. Б. М. Іващук

Андрєєв, С.М.

К78 Космічна метеорологія [Текст]: навч. посібник / С. М. Андрєєв, В.А. Жилін, В. О. Ковальова – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2019. – 90 с.

Розглянуто основні етапи обробки даних з метеорологічних супутників. Представлена методика побудови карт, які відображають синоптичні параметри. Описані методи дешифрування знімків.

Для студентів, що вивчають курс «Космічна метеорологія» за спеціальністю «Геодезія і землеустрій».

Іл. 100. Бібліогр.: 6 назв.

УДК 528.93 : 004 (076.5)
ББК 26.17 : 32.97 Я 73

© Андрєєв С. М., Жилін В.А., Ковальова В.О.
2019

© Національний аерокосмічний
університет ім.М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», 2019
Навчальне видання

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 ГЕОПОРТАЛИ В КОСМІЧНІЙ МЕТЕОРОЛОГІЇ	4
1.1 EUMETSAT	4
1.2 VENTUSKY	4
1.3 MeteoInfo	4
1.4 Метеопараметри	6
1.4.1 Опис параметру VOLCANIC ASH RGB	6
1.4.2 Опис параметру FOG/туман	7
1.4.3 (CLM) CLOUD MASK PRODUCT	8
1.4.4 Опис параметру CLAI	8
1.4.5 ОПИС ПАРАМЕТРУ CONVECTION	11
1.4.6 CLOUD TOP HEIGHT	12
1.4.7 Опис параметру MPE	12
1.4.8 DUST	14
2 McIDAS-V	14
2.1 Формати даних	15
2.2 Вибір геостаціонарного супутникового зображення з віддаленого серверу	17
2.3 Відображення гіперспектральних супутникових зображень з використанням HYDRA	20
2.3.1 Вкладка «Дисплей»	25
2.3.2 Вкладка Налаштування	25
2.3.3. Вкладка Гістограма	26
2.3.4 Меню	26
2.4 Радарні зображення II рівня	27
2.4.1 Відображення радарних зображень II рівня	27
2.4.2 Створення 2D-дисплеїв окремих розгортки	28
2.4.3 Створення окремих розгортки 3D-дисплеїв	29
2.5 Відображення радарних зображень III рівня	29
2.6 Використання GLOBE DISPLAY в MCIDAS	33
2.6.1 Globe Display дані	33
2.6.2 Створення вікна Globe View	33
2.6.3 Вибір глобальних супутникових зображень	34
2.6.4 Відображення даних	35
2.7 Завантаження локальних даних	37
2.8 Відображенні даних з поверхні Землі і повітряного простору	39
2.8.1 Вибір Surface Observations з віддаленого сервера	40
2.8.2 Побудова і відображення графіків	40
2.8.3 Створення контурного дисплея	41

2.9 Зондування атмосфери.....	43
3 ПОБУДОВА КАРТ ПОГОДИ С ВИКОРИСТАННЯМ ГІС “КАРТА 2011”	46
3.1 Складання бази метеорологічних даних.....	46
3.2 Завантаження карти України та карти метеорологічних пунктів в ГІС «Карта – 2011» і зв'язування її з базою метеорологічних даних	47
3.3 Відновлення семантики об'єктів відповідно до даних таблиці.....	50
3.4 Побудова карт погоди.....	52
4 ДЕШИФРУВАННЯ ЗНІМКІВ ХМАРНОСТІ В ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ ENVI	57
4.1 Характеристики космічного знімка	58
4.2 Неконтрольована класифікація.....	59
4.2.1 Класифікація знімка з мінімальною кількістю класів.....	59
4.2.2 Класифікація знімка з максимальною кількістю класів	63
4.3 Класифікація з навчанням	66
5 АТМОСФЕРНІ ФРОНТИ.....	68
5.1 Теплий фронт	70
5.2 Холодний фронт	74
5.2.1 Холодні фронти 1-го роду	75
5.2.2 Холодні фронти 2-го роду	77
5.2.3 Вторинні холодні фронти	79
5.3 Фронти оклюзії.....	80
5.3.1 Хмари і опади холодного фронту оклюзії	83
5.3.2 Хмари і опади теплого фронту оклюзії	84
ВИСНОВКИ	85
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	86

ВСТУП

Прогнозування погоди як наукова дисципліна особливо активно почало розвиватися з появою комп'ютерної техніки і великих обчислювальних потужностей.

Для того, щоб отримати достовірний прогноз погоди, в світових кліматичних центрах збирається інформація про поточну погоду на планеті. Вона стікається з тисяч метеостанцій, метеопостів, зондів, радіобуїв по всій планеті: наземних, літальних, плаваючих, які покривають планету досить густою сіткою. На цих метеостанціях кожні три години в будь-яку погоду проводять вимірювання погодних параметрів і відправляють їх у центри збору інформації.

В даний час для моніторингу погодних умов використовують космічні знімки поверхні Землі з геостаціонарних супутників. Дані із супутників дозволяють виробляти глобальний моніторинг погодної обстановки. Знімки полярно-орбітальних супутників використовуються для довгострокових прогнозів погоди, моніторингу атмосфери і погодних явищ, а також для забезпечення безпеки польотів (в т. Ч. Для виявлення хмар вулканічного попелу) і безпеки водного транспорту (моніторинг і прогнозування льодової обстановки).

Для аналізу даних ДЗЗ використовуються різні програмні забезпечення на різних етапах обробки - від отримання даних до формування тематичних карт.

У даному навчальному посібнику розглянуті наступні питання: можливості метеорологічних геопорталів, робота з програмним забезпеченням McIDAS-V, побудова цифрових карт за характеристиками із бази даних за допомогою ГІС «Карта-2011», класифікація космічних знімків із застосуванням програмного продукту ENVI.

1 ГЕОПОРТАЛИ В КОСМІЧНІЙ МЕТЕОРОЛОГІЇ

В рамках напряму "Космічна метеорологія" обов'язковою складовою є використання космічних знімків в режимі он-лайн. Це дозволяє аналізувати хмарний, сніговий і льодовий покрив Землі, реєструвати теплове випромінювання земної поверхні і хмар, уточнювати синоптичні характеристики і т.д. Це завдання вирішується за допомогою даних тематичних геопорталів, які візуалізують знімки з метеорологічних супутників, а також розрахункові характеристики стану земної поверхні і атмосфери. Розглянемо деякі з геопорталів, що застосовуються для вирішення завдань космічної метеорології.

1.1 EUMETSAT

Даний геопортал візуалізує космічні знімки з супутника MeteoSat-8. Оновлення сайту відбувається кожні 15 хвилин, що дає можливість з невеликою затримкою аналізувати доступну інформацію в реальному часі. Візуальне представлення знімків і розрахункових характеристик доступно за посиланням <http://eumetview.eumetsat.int/mapviewer/>. Загальний вигляд геопортала представлений на рис.1.1.

1.2 VENTUSKY

Геопортал VENTUSKY доступний за посиланням <https://www.ventusky.com/>.

Даний веб-додаток розроблений чеською метеорологічною компанією. Основна мета проекту - прогнозування погоди і візуалізація метеорологічних характеристик. Використання представлених даних дозволяє відстежувати розвиток погоди в будь-якому місці на Землі.

Погодні процеси взаємопов'язані. Наприклад, ураган в Атлантиці здатний впливати на розподіл тиску в Європі. Dodatok VENTUSKY ілюструє взаємозв'язок всієї системи, відображаючи розвиток тиску, вітру, хмарності, опадів і температури на карті. Загальний вигляд веб-додатку представлений на рис.1.2.

1.3 MeteoInfo

Для складання якісного прогнозу обов'язковою складовою є використання даних з радіолокаційних станцій (РЛС). За посиланням <http://meteoinfo.by/radar/?q=UKBB> візуалізуються характеристики, розраховані за радіолокаційним знімкам, які реєструються в Києві, Бориспіль. Представлена інформація може використовуватися в ознайомчих цілях. На рис. 1.3 показані розраховані характеристики.

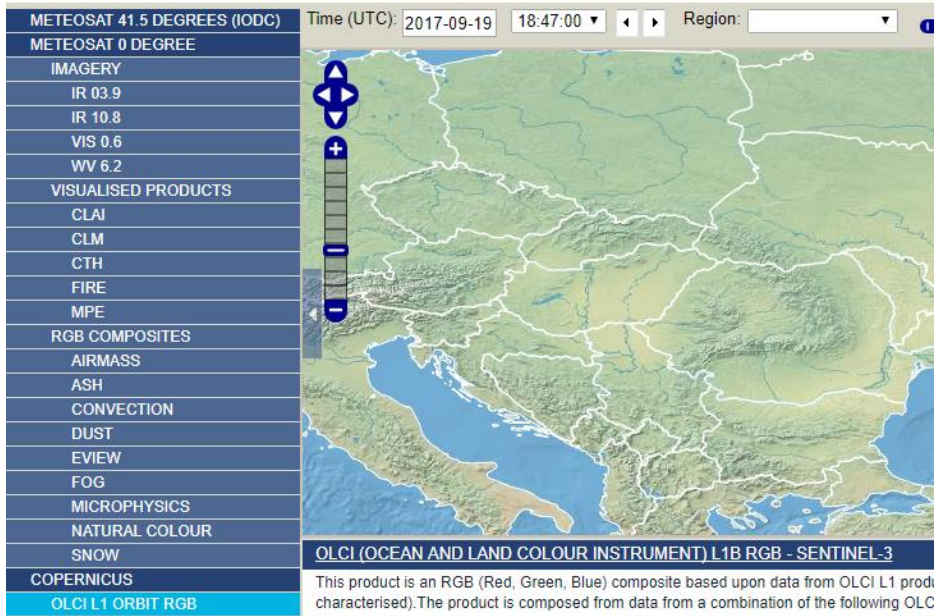


Рисунок 1.1 – Геопортал EUMETSAT

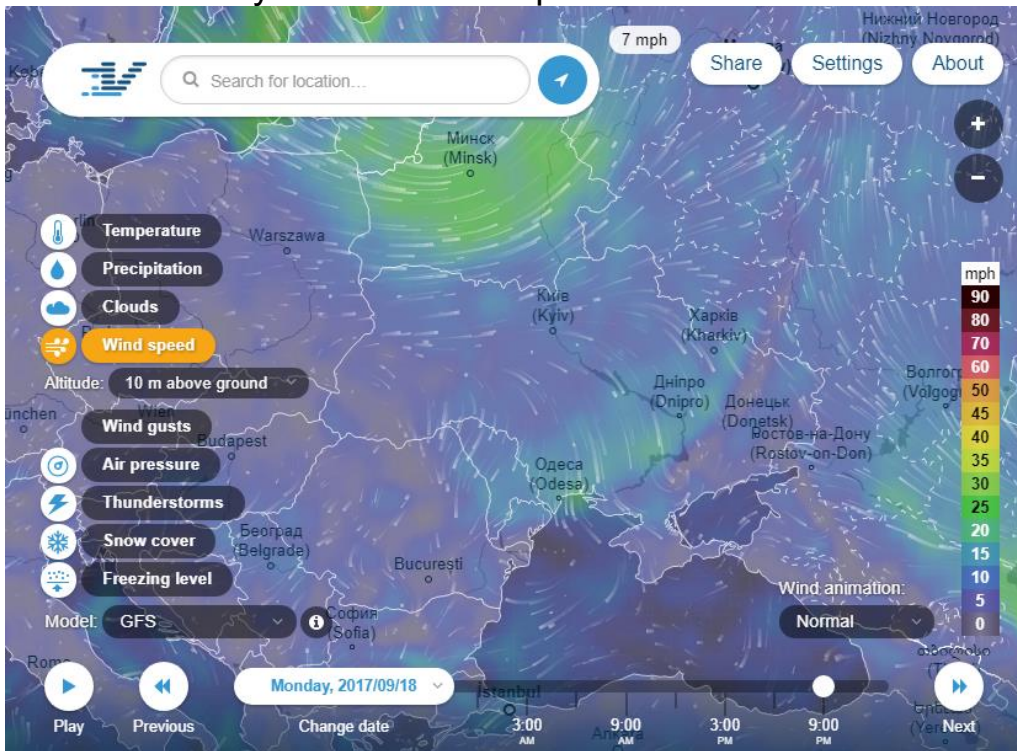


Рисунок 1.2 – Геопортал VENTUSKY

Радар УКВВ — ДМРЛ Борисполь. Киев, Украина
Радиолокационная карта метеоявлений

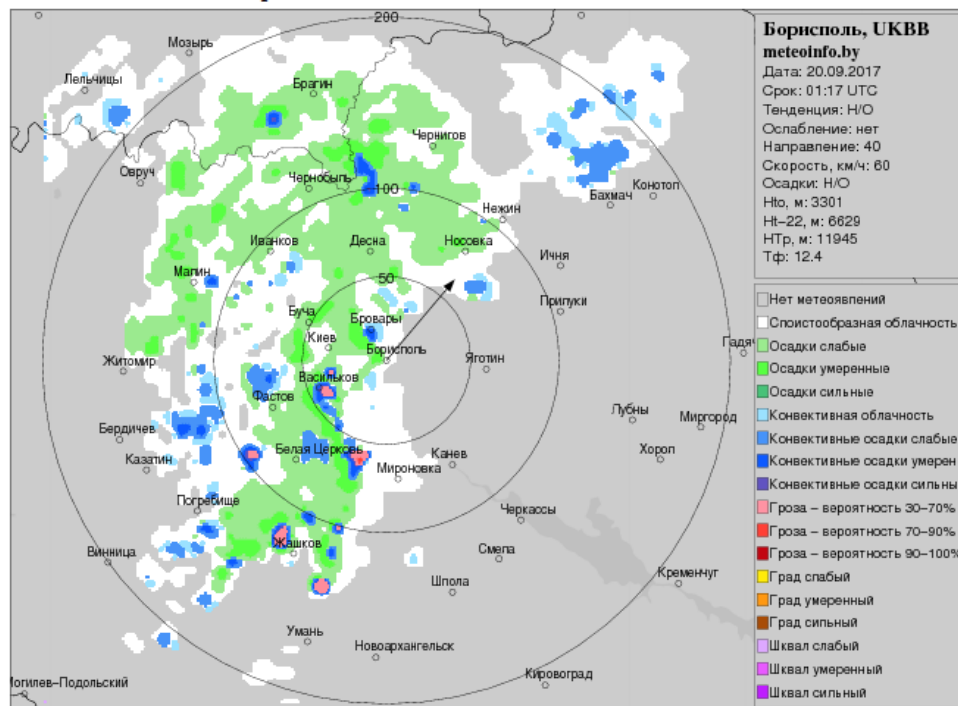


Рисунок 1.3 – Дані з РЛС

1.4 Метеопараметри

1.4.1 Опис параметру VOLCANIC ASH RGB

Параметр ASH - це композит RGB (червоний, зелений, синій) на основі даних інфрачервоного каналу з супутника Meteosat Second Generation.

Використовуючи дані інфрачервоного каналу, цей RGB виявляє золу, діоксид сірки і кристали льоду з вулканічних вивержень. Продукт допомагає прогнозистам відстежувати вулканічні викиди. Канали, що використовуються: MSG 8,7-мкм ІЧ; 10,8 мкм ІЧ; 12,0-мкм ІЧ -спектр.

Інтерпретація кольору:

- 1) хмара діоксиду сірки – зелений;
- 2) в залежності від висоти, температури і розміру часток зола переходить від червоної (коли вона дуже холодна), до пурпурової (коли вона тепла) і до жовтої (коли вона складається з дуже маленьких частинок золи);
- 3) тонкий перистий шар - чорний;
- 4) високі хмари і грози - коричневі;
- 5) приповерхневі елементи мають відтінки синього і зеленого.

Переваги: Показані три основних вулканічних вихода (зола, діоксид сірки і кристали льоду) в різних кольорах, що дозволяє користувачам спостерігати стоки, що впливають з місця виверження.

Обмеження: деякі побутові події можна помилково прийняти за вулканічні стоки; чорні пір'я хмар можуть бути частиною невулканічних хмарних систем; зелені хмари можуть нагадувати двоокис сірки; не

вдається виявити золу або діоксид сірки, вбудовані в лід (змішана вулканічна хмара).

Для прикладу на рис. 1.4 відображений стан повітря над територією України станом на 01.10.2017 р. о 18:15.

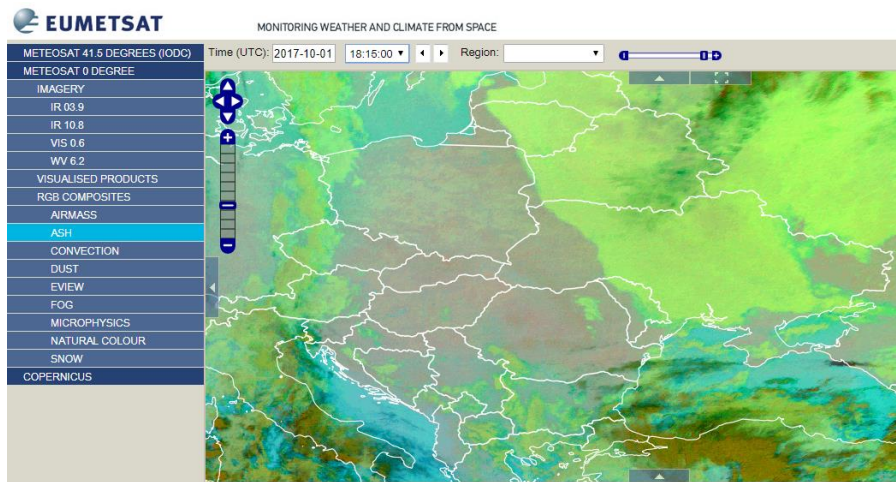


Рисунок 1.4 – Стан повітря на території України (01.10.2017 р.)

1.4.2 Опис параметру FOG/туман

FOG (Туман / Низькі хмари) являє собою композицію RGB на основі даних інфрачервоного каналу з супутника Meteosat Second Generation (рис.1.5).

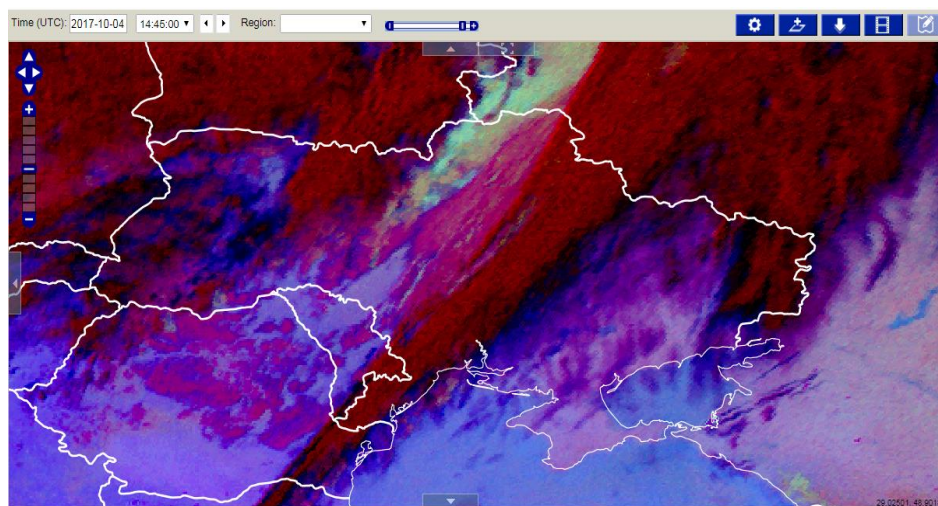


Рисунок 1.5 – Візуалізація параметру FOG за 04.10.2017 р.

Оцінка параметру за різні дати дозволяє зробити висновок про ймовірність появи туману, купчасто-дощових і перистих хмар. Також даний параметр може застосовуватися для виявлення пожеж, низькорівневих кордонів вологи і класифікації хмар в цілому. Слід зазначити, що, оскільки продукт налаштований на нічні умови, його використання в денний час дуже обмежена. Fog / Low Clouds RGB складається з даних з комбінації каналів SEVIRI IR3.9, IR10.8 і IR12.0: IR3.9 - Виявлення хмар і визначення

стану поверхні в нічний час; IR10.8 - Виявлення хмар і визначення стану поверхні в нічний час (довгохвильове вікно прозорості); IR12.0 - Вимірювання температури поверхні води (довгохвильове вікно прозорості).

1.4.3 (CLM) CLOUD MASK PRODUCT

Хмарна маска (Cloud Mask - CLM) - параметр, який надає інформацію про забруднення хмар і сніжно-крижаному покриві на основі аналізу космічних знімків. Приклад хмарної маски представлений на рис.1.6. Кодовані значення хмарної маски представлений в табл.1.1.

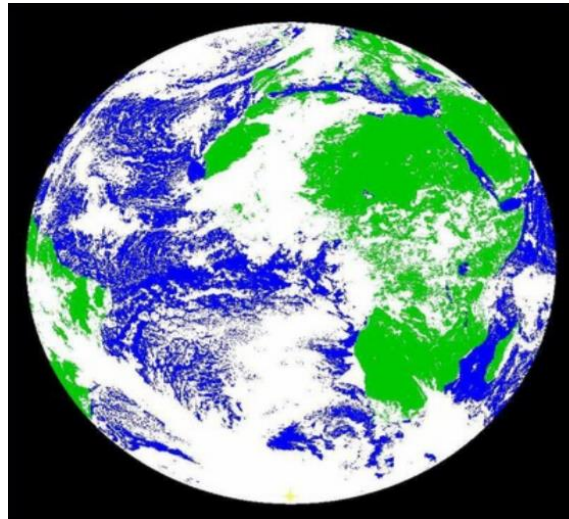


Рисунок 1.6 - Хмарна маска поверхні Землі

Таблиця 1.2 — Кодовані значення параметра (CLM)

Parameter	Value	Meaning
Cloud Mask	0	Clear sky over water
	1	Clear sky over land
	2	Cloud
	3	No data

Класифікація відбувається безпосередньо з аналізу сцен вихідних знімків. Продукт CLM аналогічний CLAI, але містить спрощену інформацію, оскільки просто розрізняє прозорі і хмарні пікселі, а не детальну інформацію про типи сцен, що розраховується CLAI.

1.4.4 Опис параметру CLAI

Cloud Analysis Image (CLAI) – параметр, який взаємопов'язаний з характеристикою Cloud Analysis (CLA). Параметр ідентифікує тип сцени для кожного з сегментів 3 × 3 пікселя. Для зон, вільних від хмар, тип сцени - певний тип рельєфу. Наприклад, ліс, савана, луки і т.д. Для хмарних сегментів тип сцени - це тип хмари - низький рівень, середній рівень, високий рівень.

На рис. 1.7 показаний приклад розрахунку даної характеристики 30 квітня 2014 роки (см.рис.1.7). А також в табл. 1.2 представлений список індексів для ідентифікації різних типів сцен.

Параметр використовується для прогнозування погоди, кількісного прогнозування, дослідження клімату і моніторингу.

На рис. 1.8 представлена карта, сформована в результаті розрахунку параметра CLAI. За наявними даними можна припустити, що більша частина території України покрита низькорівневими хмарами, а саме купчастими або шарувато-купчастими хмарами (індекс 101-103).

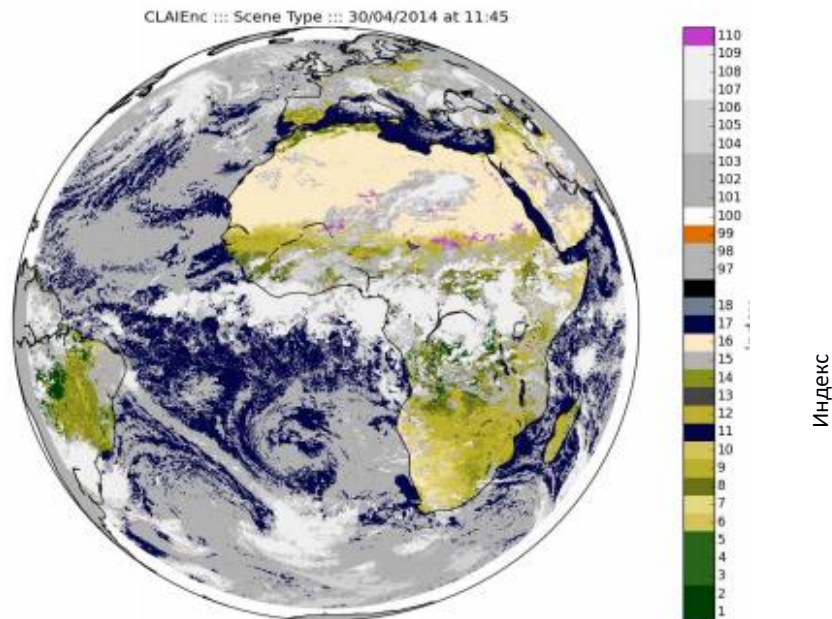


Рисунок 1.7 - Аналіз зображення хмари 30 квітня 2014 р. на MSG-3

Таблиця 1.2- Тип індексів для кожної сцени

Індекс	Тип сцени
0	Не визначена, відсутні вхідні дані
1	Вічнозелений хвойний ліс
2	Вічнозелений широколистяний ліс
3	Хвойний ліс
4	листяний ліс
5	змішані ліси
6	закриті чагарники
7	відкриті чагарники
8	деревні савани
9	Саванна
10	Луга
11	постійні болота
12	орні землі
13	Міські та забудовані землі
14	Мозаїка орних земель
15	Постійний сніг / лід
16	Гола ґрунт і породи

17	водні об'єкти
18	тундра
19	Змішана земля / вода
20-49	(Не використовується в даний час, зарезервовано для використання в майбутньому)
50	Невідома сцена
51-96	(Не використовується в даний час, зарезервовано для використання в майбутньому)
97	Сніг / лід над землею
98	Сніг / лід над водою (океан)
99	Ясний сонячний блиск
100	хмарність
101	Низькорівневі хмари; Туман або Шаруваті хмари
102	Низькорівневі хмари; Купчасті або купчасто-дощові
103	Низькорівневі хмари; невідомий тип
104	Хмари середнього рівня; Шарувато-дощові хмари
105	Хмари середнього рівня; Високо або високо-шаруваті хмари
106	Хмари середнього рівня; невідомий тип
107	Хмари високого рівня; Купчасто-дощові хмари
108	Хмари високого рівня; перисті хмари
109	Хмари високого рівня; невідомий тип
110	Невідомий тип хмари

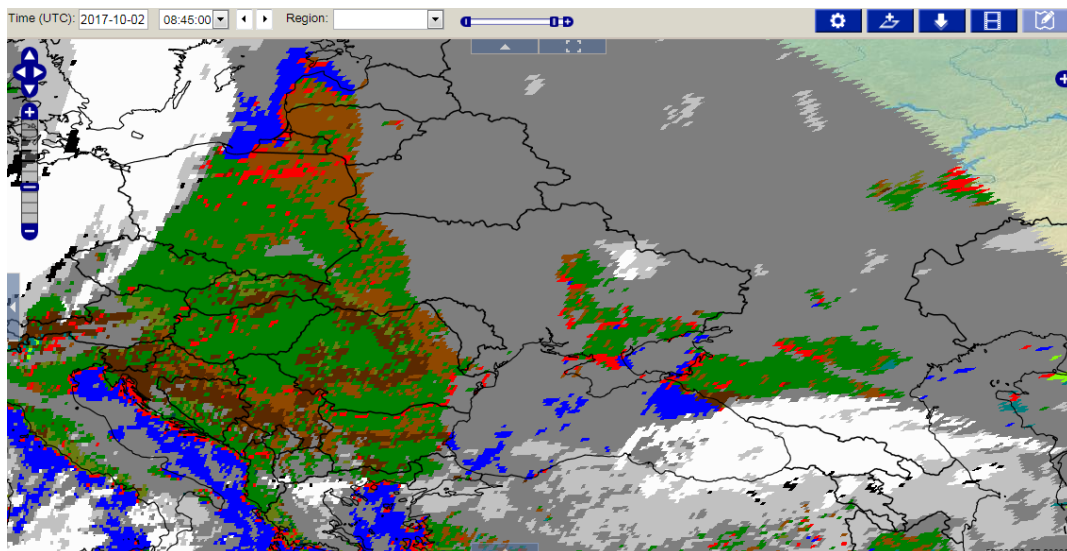


Рисунок 1.8 - Параметр CLAI для території України на 02.10.2017 р.

1.4.5 ОПИС ПАРАМЕТРУ CONVECTION

Параметр Convection розроблений для ідентифікації сильних висхідних потоків і невеликих частинок льоду, які можуть свідчити про наявність або наближенні сильного шторму. Колірна модель RGB

допомагає збільшити можливості прогнозування поточних штормів шляхом визначення ранній стадії сильної конвекції. Знаючи мікрофізики характеристик конвективних хмар є можливість визначити силу шторму, а також спланувати етапи поліпшення поточних прогнозів і короткострокових прогнозів.

Для визначення погодних умов конвекція необхідна для того, щоб визначити висхідні потоки. Сильна конвекція має на знімку яскраво-жовтий колір через присутність дрібних частинок льоду на верхньому рівні.

На рис. 1.9 представлені результати розрахунку параметра Convection для заданої території України за станом на 03.10.2017 р. о 17:15. Колірна шкала має градації червоного, жовтого, зеленого і синього, тобто використовується колірна модель RGB, що відповідає ймовірності опадів на певній території. Чим колір тепліше, тим більша ймовірність опадів.

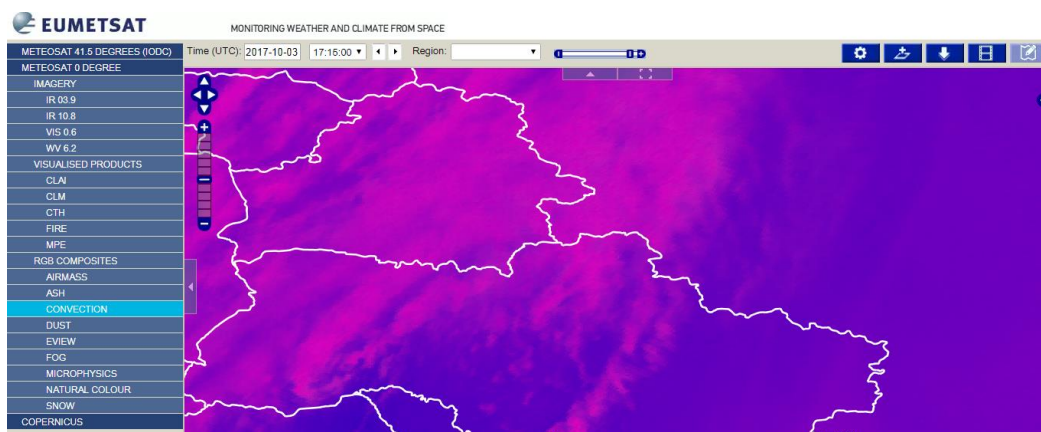


Рисунок 1.9 – Параметр Convection для території України на 03.10.2017 р.

1.4.6 CLOUD TOP HEIGHT

Параметр Cloud Top Height - СТН (висота верхньої межі хмар), отриманий в результаті хмарного аналізу, являє собою значення, яке вказує висоту найвищою хмари в сегменті 3 × 3 пікселя.

При візуалізації параметра темні кольори мають на увазі більш холодні хмари, тоді як світлі - більш теплі.

Приклад розрахунку даного параметра на 23.09.2017 р, 17:08 представлений на рис. 1.10.

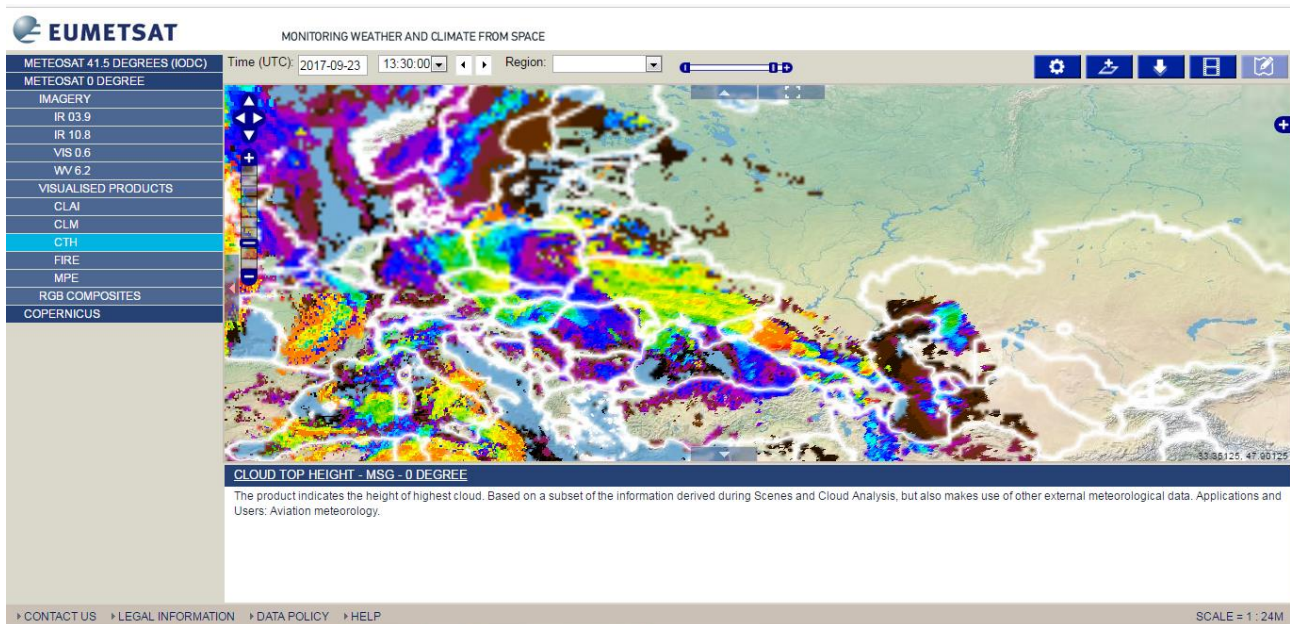


Рисунок 1.10 – Спостереження за висотою хмар на 23.09.2017 р., 17:08

1.4.7 Опис параметру MPE

Multi-Sensor Precipitation Estimate (MPE) - це багатофункціональний продукт оцінки опадів на поверхні. Він забезпечує миттєвий розрахунок можливих дощів по пікселям в повному обсязі в режимі реального часу для зображень Meteosat. Алгоритм заснований на комбінуванні зображень (полярних орбітальних мікрохвильових вимірювань) з каналами ІК-діапазону і пасивними СВЧ-даними, отриманими з приладів полярних супутників США DMSP. Продукт найкраще використовувати для аналізу конвективних опадів і для територій з відсутнім або поганим радіолокаційним покриттям (особливо в Африці та Азії).

Характеристики, які враховуються при обчисленні параметра:

- мінімальна різниця в часі поточного стану покриття щодо попереднього стану для отримання даних;
- мінімальна різниця в часі від початку дощу і до його закінчення з урахуванням його швидкості для складання накопичувальної гістограми;
- статичні дані за попередні періоди порівнюються з поточними з урахуванням стану покриття;
- максимальна різниця в часі від еталонного часу і до початку опадів;
- розмір оброблюваної площі в широті;
- розмір оброблюваної площі по довготі;
- максимально допустимий показник дощів;
- мінімальний рівень дощу;
- мінімальна кількість спостережень всередині осередку для створення точок з даними за короткі проміжки;
- мінімальне значення гістограми дощів;

- інтенсивність гістограми дощів;
- мінімальне значення температури по гістограмі яскравості;
- максимальне значення гістограми температури яскравості;
- приріст гістограми температури яскравості в Кельвіна;
- зміщення часу між реєстрацією даних і часом обробки;
- максимальна яскравості температура для прийому спостережень;
- порогове значення для процентного вмісту елементів з нульовим показником дощів;
- облік нульових точок;
- нижній поріг швидкості дощу.

В результаті розрахунку формується карта, на якій показані зони з найбільшою ймовірністю опадів з урахуванням всіх перерахованих вище характеристик. Колірна шкала має градації червоного, жовтого, зеленого і блакитного, що відповідає ймовірності опадів на певній території. Чим тепліше колір, тим більша ймовірність опадів.

Для прикладу, над територією України за станом на 22.09.2017г. о 15:30 розрахована карта ймовірності опадів (рис.1.11).

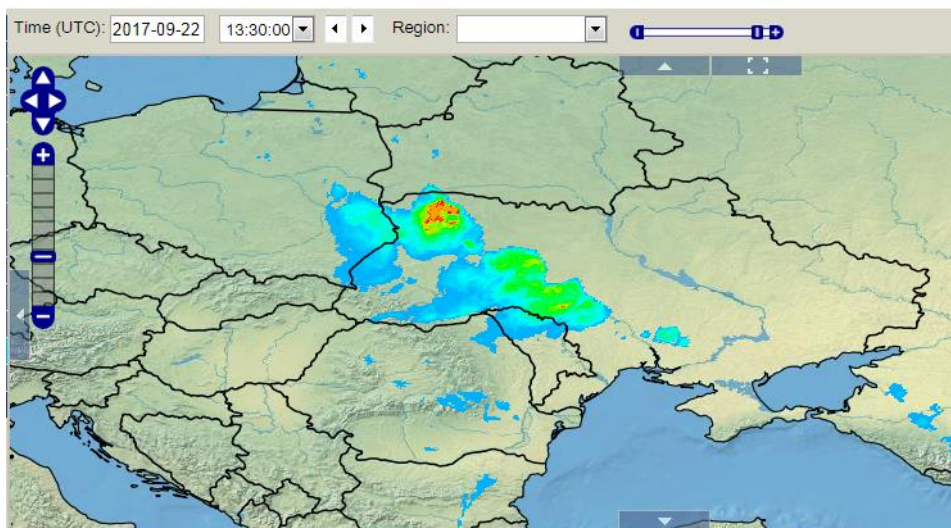


Рисунок 1.11 – Ймовірність опадів над Україною 22.09.2017 р.

1.4.8 DUST

Продукт Dust є композит RGB (червоний, зелений, синій) на основі даних інфрачервоного каналу з супутника Meteosat Second Generation. Він призначений для моніторингу еволюції пилових бур протягом дня і ночі. Але це також корисно для розпізнавання типів хмар (наприклад, тонке виявлення Cirrus) і виявлення вологості низького рівня. Dust RGB складається з даних з комбінації каналів SEVIRI IR8.7, IR10.8 і IR12.0.

Колір пилу - від червоного (на дуже високому рівні пилу), до яскраво-пурпурного (для низького рівня пилу) в денний час і до темно-пурпурного (для низького рівня пилу) в нічний час

Використання даного параметра дозволяє простежити еволюцію шлейфу пилу як днем, так і вночі, на суші і на морі.

На рис.1.12 представлений приклад візуалізації даного параметру.

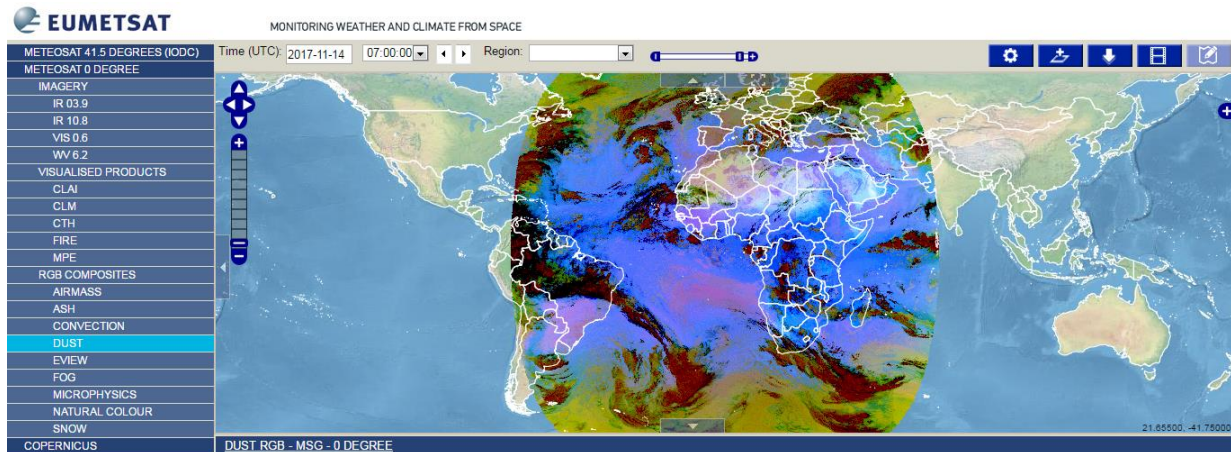


Рисунок 1.12 – Колірна палітра функції Dust
2 MCIDAS-V

McIDAS-V - це безкоштовний пакет програмного забезпечення для візуалізації та аналізу даних, який є п'ятим поколінням в 40-річній історії SSEC програмних пакетів McIDAS (Man Computer Interactive Data Access System). McIDAS-V відображає дані метеорологічних супутників (включаючи гіперспектральних) та інші геофізичні дані в 2- і 3-мірних вимірах і може використовуватися для аналізу та управління даними за допомогою потужних математичних функцій.

Об'єктами дослідження є різні дані ДЗЗ, отримані з супутників різного призначення.

Методи дослідження - зміна способів і налаштувань відображення даних ДЗЗ для отримання якісних та кількісних характеристик земної поверхні.

2.1 Формати даних

McIDAS-V може зчитувати різні формати даних або з локальних файлів, або з віддалених серверів даних (наприклад, HTTP, TDS, ADDE). У таблиці 2.1 представлена інформація про типи даних, їх короткий опис, а також підтримувані формати.

Таблиця 2.1 - Формати даних, які підтримуються в McIDAS-V

Тип даних	Опис	Формати, що підтримуються
-----------	------	---------------------------

З прив'язкою до сітки	Чисельні моделі прогнозування погоди, кліматичний аналіз, сітчасті океанографічні набори даних, NCEP / NCAR Reanalysis	netCDF	
		GRIB (versions 1&2)	
		Vis5D	
		GEMPAK	
Космічні знімки	Геостаціонарні і полярні	ADDE	
		McIDAS AREA	
		AIRS	
		GINI	
		AMSR-E Level 1b	
		AMSR-E Level 2a	
		AMSR-E Rain Product	
		EUMETCast LRIT	
		Meteosat OpenMTP	
		Meteosat Second Generation (MSG) Level 1b	
		Metop AVHRR Level 1b	
		MODIS L1b MOD02 (MODIS Level 1b)	
		MODIS L2 MOD04 (Level 2 Aerosol)	
		MODIS L2 MOD06 (Level 2 Cloud Top Properties)	
		MODIS L2 MOD28 (Level 2 Sea Surface Temperature Products)	
MODIS L2 MOD35 (Level 2 Cloud Mask)			
Радар	радарні зображення	Level II	
		Level III	
		Universal Format (UF)	
		DORADE	
Спостереження за точками	Поверхневі спостереження (METAR і SYNOP), спостереження землетрусів	ADDE	
		netCDF (Unidata, AWIPS/MADIS formats)	
		Text (ASCII, CSV),	
	Спостереження з борту КА	глобальне зондування	netCDF (RAF convention)
			Text (ASCII, CSV)
			ADDE
		netCDF (Unidata,	

	зондів	AWIPS/MADIS formats) CMA text format GEMPAK
ГІС		ESRI Shapefile USGS DEM
QuickTime	Дані, які зазвичай використовуються в географічних інформаційних системах (ГІС)	QuickTime

2.2 Вибір геостаціонарного супутникового зображення з віддаленого серверу

У вікні «Провідник даних / Data Explorer» необхідно вибрати вкладку «Джерела даних / Data Sources». У лівій частині цієї вкладки вибрати «Супутник / Satellite» → «Зображення / Imagery» зі списку доступних даних (см.рис.2.1). Додаткові відомості про обраний зображенні можна подивитися в розділі "Choosing Geostationary Satellite Imagery from a Remote Server" в керівництві програми, доступному за посиланням https://www.ssec.wisc.edu/mcidas/doc/mcv_guide/current/

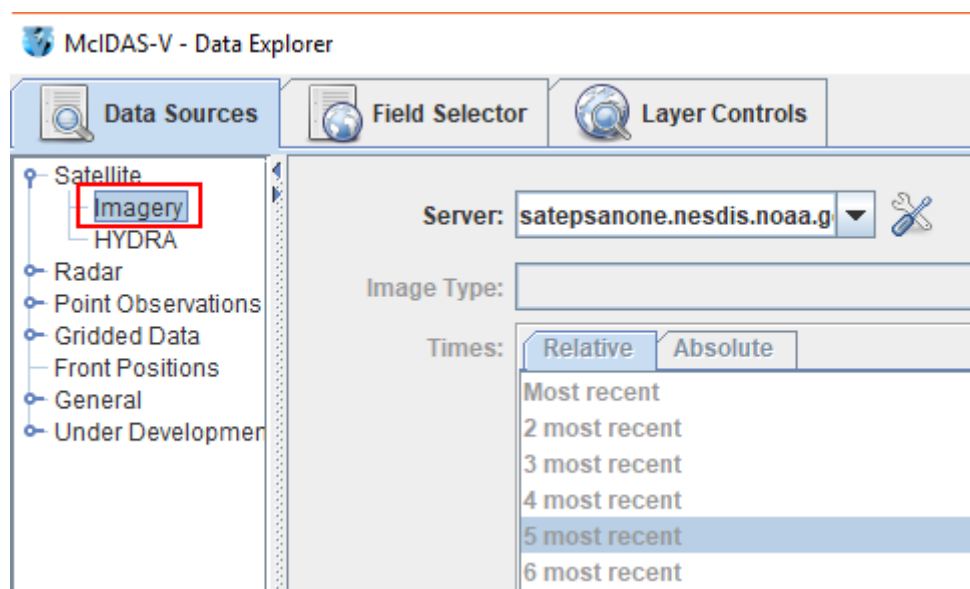


Рисунок 2.1 – Вибір вкладки «Зображення» на панелі «Джерела даних»

- 1) Виберіть сервер «ADDE»: adde.ssec.wisc.edu і набір даних: RTIMAGES. Потім натисніть «Підключитися / Connect», щоб виконати запит до сервера для доступних типів зображень.
- 2) Виберіть «Тип зображення / Image Type» для використання (см. рис. 2.2).

3) Виберіть необхідний час зображень. Також можна вибрати набір відносного часу або набір абсолютного часу (см. рис. 2.3, 2.4).

4) Виберіть «Тип навігації / Navigation type» (за замовчуванням або широту і довготу). Якщо ви не хочете створити зображення для попереднього перегляду в поле Preview, зніміть прапорець «Створити попереднє зображення / Create preview image». Коли все зроблено, завантажте дані обраного зображення за допомогою кнопки «Додати джерело / Add Source».

5) Виберіть калібрування, яку потрібно відобразити в панелі поля / Fields panel. Наприклад, Температуру / Temperature.

6) «Відображення зображення / Image Display» повинен бути обраний на Displays panel. «Відображення зображення» показує дані у вигляді зображення і є типом зображення, що використовуються для супутникових і радарних зображень III рівня в переважній більшості випадків. Для попереднього перегляду зображення натисніть вкладку «Область / Region» (см.рис.2.5).

7) Натисніть «Створити екран / Create Display», щоб відобразити зображення у вікні основного дисплея. Для контролю часу анімації використовувати «Віджет анімації часу / Time Animation Widget» (см.рис.2.6).

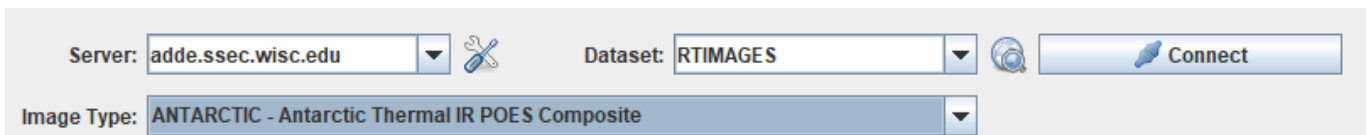


Рисунок 2.2 – Вибір типу зображення

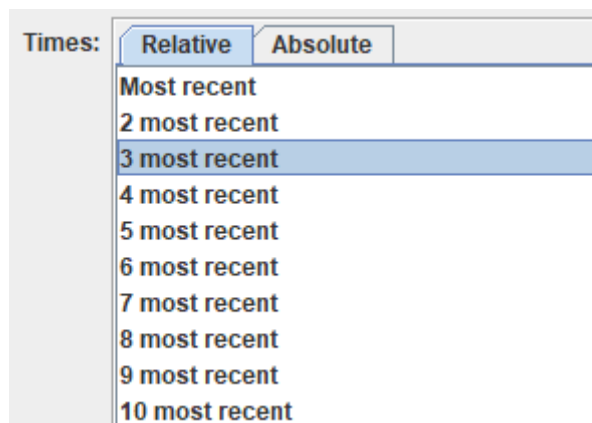


Рисунок 2.3 - Вибір набору відносного часу

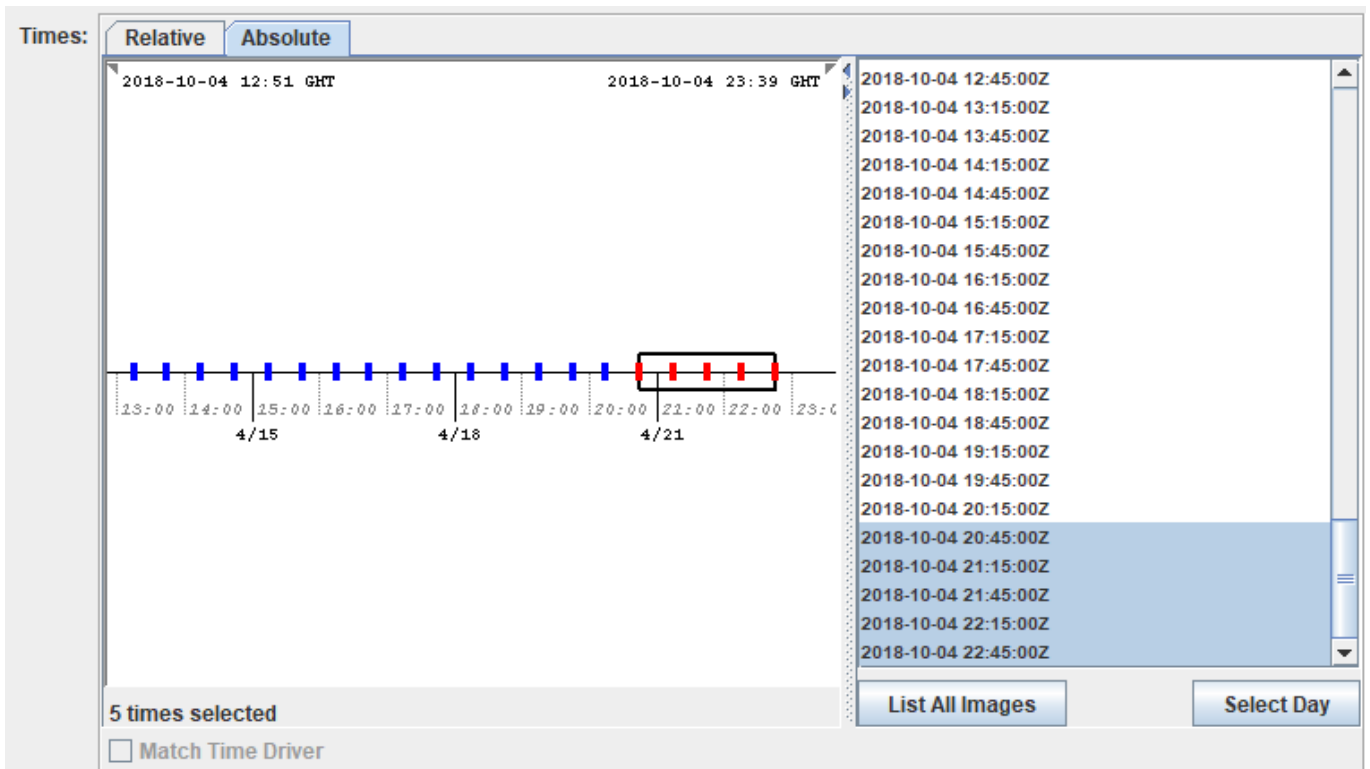


Рисунок 2.4 – Вибір набору абсолютного часу

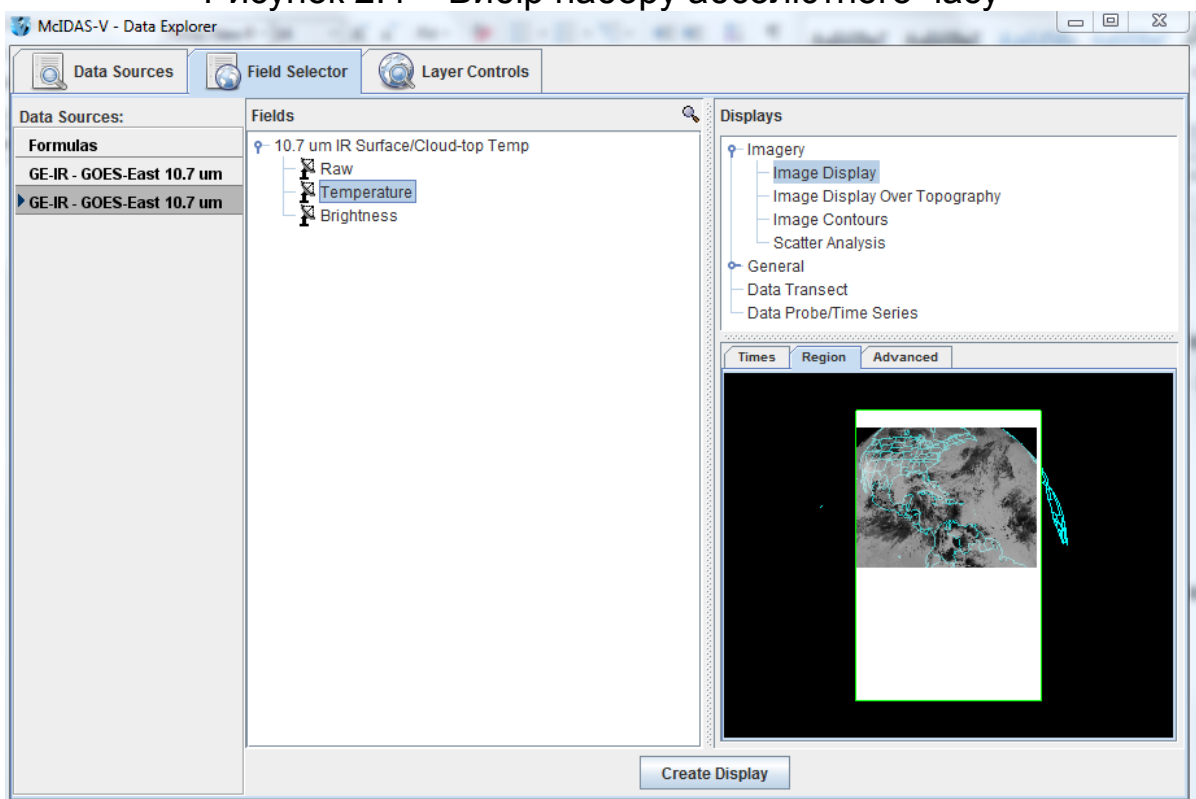


Рисунок 2.5 – Зображення вікна Поле вибору

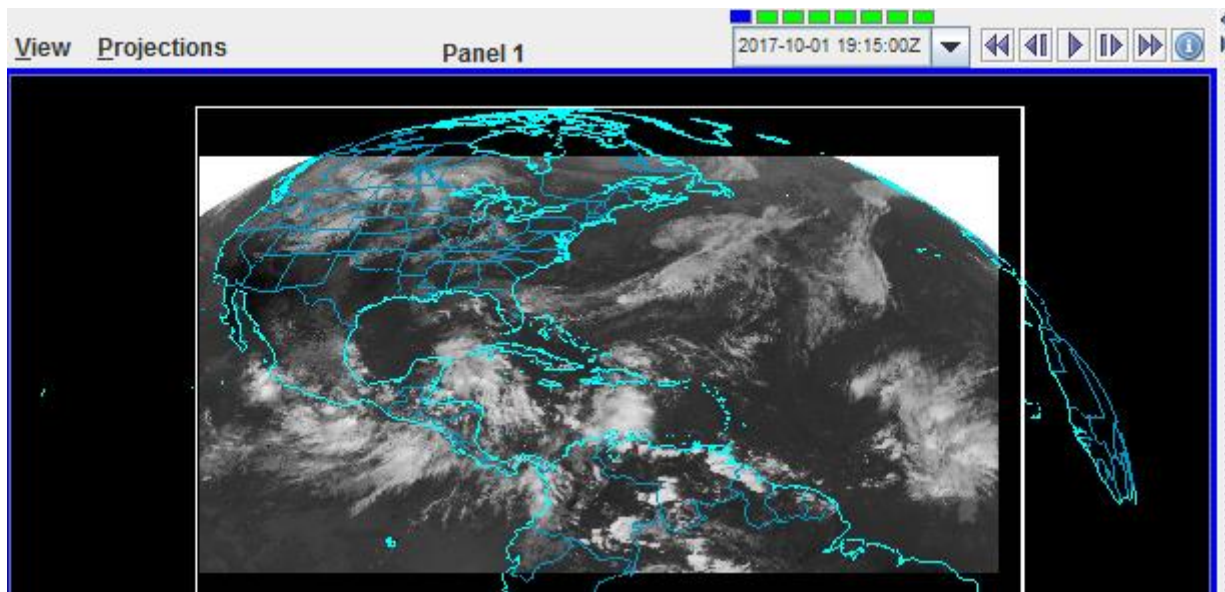


Рисунок 2.6 – Результат створення зображення

На рис 2.7 зображення представлено в легенді «Temperature». Даний параметр характеризує зміну температури різних ділянок земної поверхні.

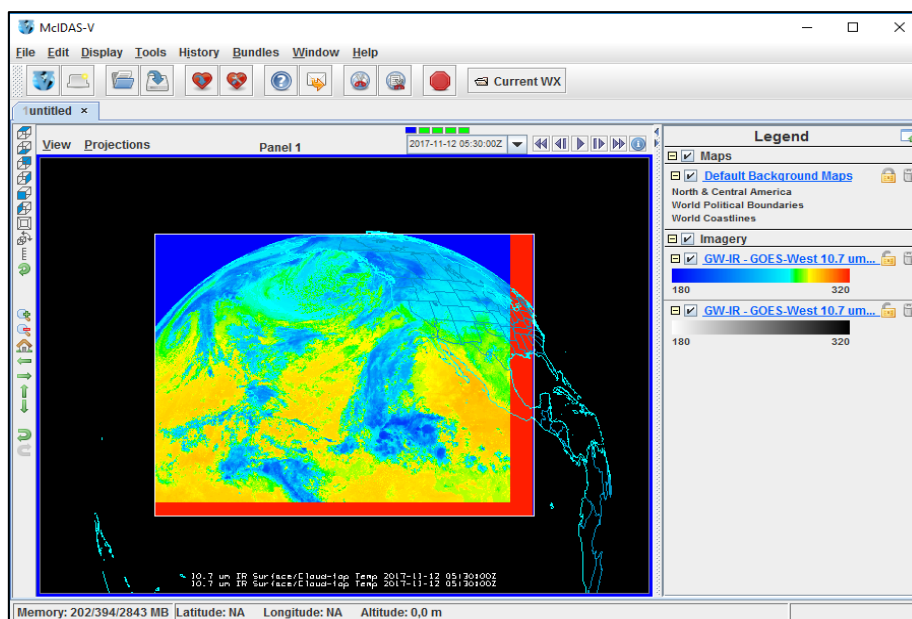


Рисунок 2.7 – Відображення зображення в легенді «Temperature»

2.3 Відображення гіперспектральних супутникових зображень з використанням HYDRA

Гіперспектральних зображення - це тривимірний масив даних (куб даних), який включає в себе просторову інформація (2D) про об'єкт, доповнену спектральної інформацією (1D) по кожному просторової координаті. Кожній точці зображення відповідає спектр, отриманий в цій точці, що знімається. Для отримання гіперспектральних зображень використовується спеціальні гіперспектральних камери.

При гіперспектральних формуванні зображень, як і при спектральному формуванні зображень, збирається і обробляється інформація з усього електромагнітного спектра. Людське око бачить світло в трьох діапазонах (червоний, зелений і синій), тоді як спектральний формування зображення ділить спектр на більшу кількість діапазонів.

Гіперспектральних детектори збирають інформацію у вигляді набору «зображень». Кожне зображення отримано в деякому діапазоні електромагнітного спектра, а також відомий як спектральний діапазон. Ці "зображення" потім комбінуються і утворюють тривимірний гіперспектральних обсяг даних для обробки і аналізу.

Якість гіперспектральних камер зазвичай характеризується спектральним дозволом, тобто шириною кожної смуги знятого спектра. Якщо спектр шуканого об'єкта містить велику кількість досить вузьких діапазонів частот, можна ідентифікувати об'єкти, навіть якщо вони мають розмір на зображенні в кілька пікселів. Однак просторова роздільність є доповнюючим фактором до спектрального дозволу. Якщо розмір пікселя занадто великий, то захоплюється кілька об'єктів в цьому пікселі, які потім важко розрізнити. Якщо розмір пікселя занадто маленький, то енергія світла, отримана кожним пікселем датчика, мала, і зниження співвідношення сигнал-шум зменшує точність вимірюваних параметрів.

У вікні «Data Explorer» виберіть вкладку «Data Sources». У лівій частині цієї вкладки виберіть Satellite-> HYDRA зі списку доступних варіантів (рис.2.8). Приклад такого зображення можна завантажити за посиланням `ftp://ftp.ssec.wisc.edu/pub/mug/mcidas-v/training/data/IASI_xxx_1C_M02_20070115_1140.nc`.

На вкладці «Field Selector» в провіднику даних вибрати «Imagery -> MultiSpectral Display» (див. рис. 2.9) і натиснути кнопку «Create Display» (рис.2.10, 2.11).

Для мультиспектрального дисплея є чотири види. Перший - це зображення у вікні головного дисплея. Другий вид - Spectra. Цей варіант візуалізованія відображається на вкладці «Елементи управління» / "Layer Controls" в розділі «MultiSpectral». Останні два види - це два зонда спектра. У вікні основного дисплея є два кольорових прямокутника, які представляють основний зонд (пурпурний) і контрольний зонд (блакитний). Для переміщення зонда в іншу точку необхідно вибрати його лівою кнопкою мишки. Застосування зондів дає можливість подивитися спектри в будь-якій точці зображення і використовувати один з зондів в якості еталонного.

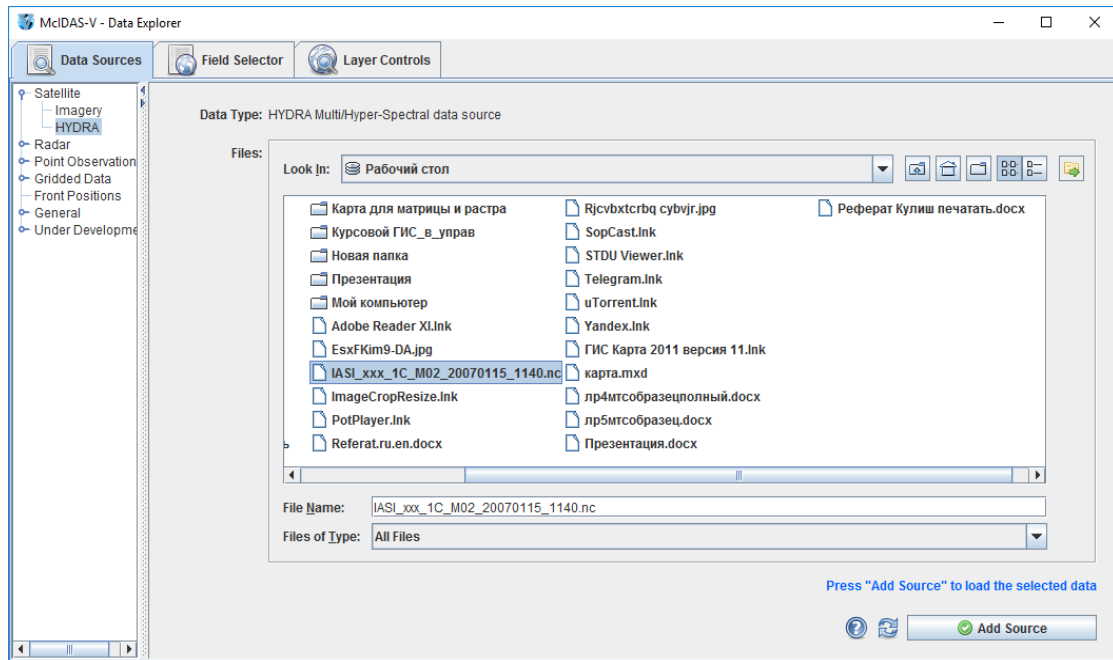


Рисунок 2.8 - Завантаження гіперспектральних супутникового зображення на вкладці Data Sources

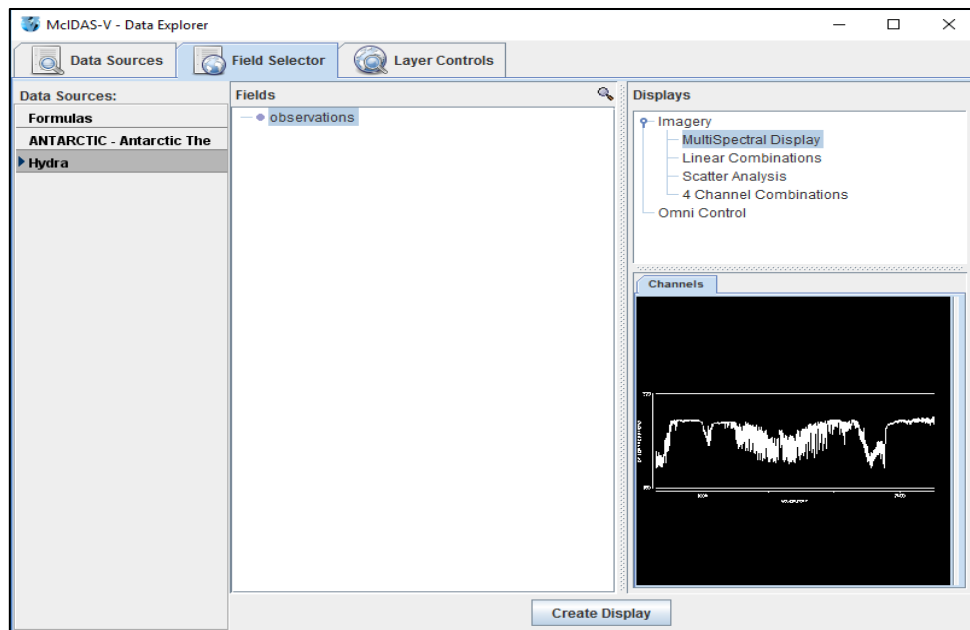


Рисунок 2.9 – Параметри відображення гіперспектральних зображення

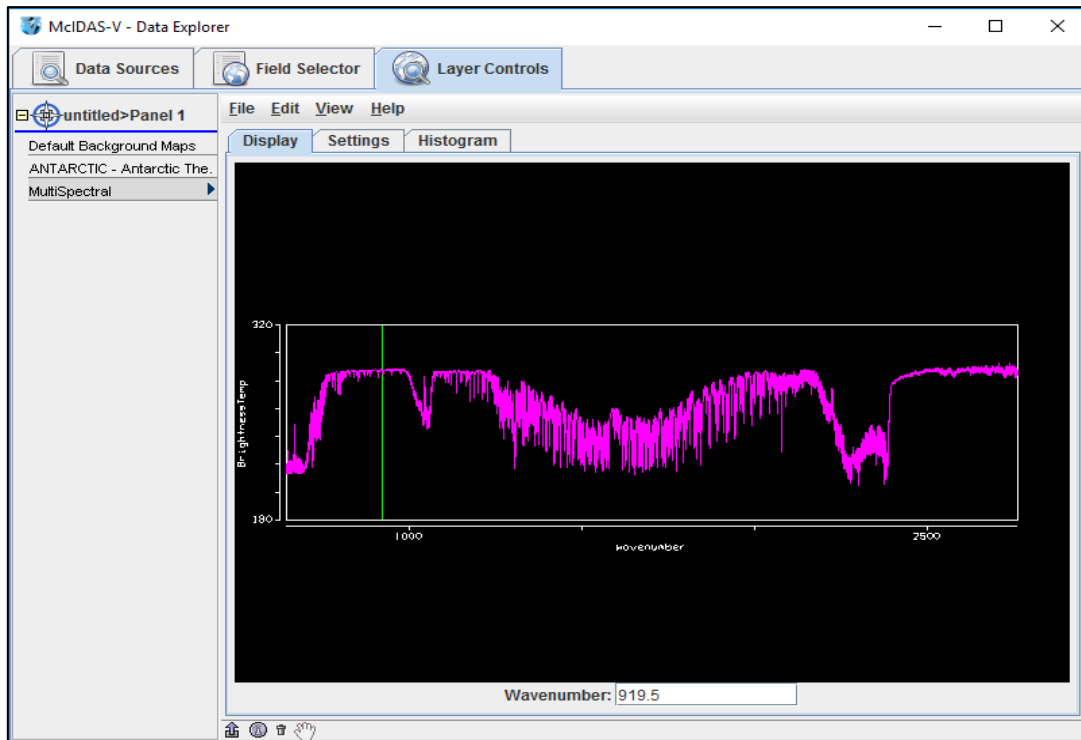


Рисунок 2.10 – Відображення мультиспектрального зображення у вікні Data Explorer

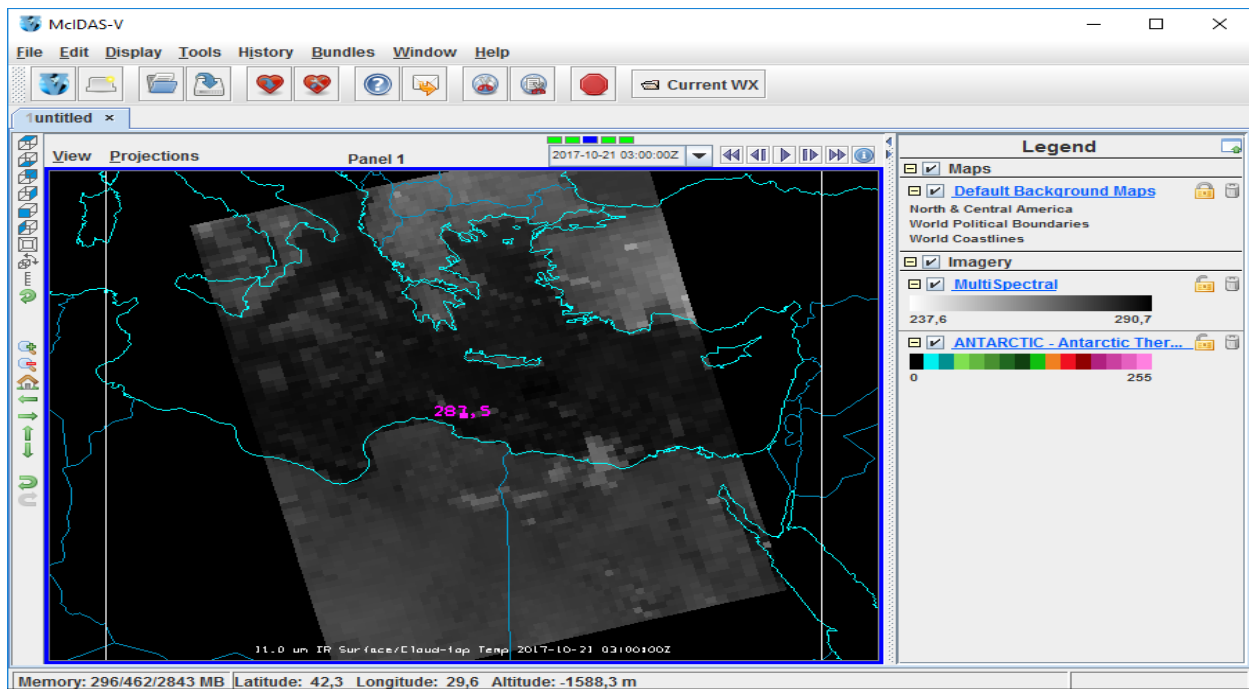


Рисунок 2.11 – Відображення гіперспектральних зображення у вікні "Main Display".

Використання мультиспектрального дисплея дає можливість проаналізувати спектри зображення. Для цього, наприклад, потрібно задати хвильове число в поле Wavenumber 852.25 cm^{-1} і натиснути Enter (рис.2.12). Використовуючи комбінацію Ctrl + ліва кнопка + перетягнути у вікні "Main Display", можна змінити положення основного зонда (пурпурний)

і контрольного зонда (блакитний). Після того, як два зонда знаходяться в приблизних місцях, вікно MultiSpectral виглядає так, як показано на рис. 2.13.

Існує два набору елементів управління: MultiSpectral Display і MultiSpectral Probes. MultiSpectral Display складається з трьох вкладок: дисплей (Display), настройки (Settings) і гістограма (Histogram).

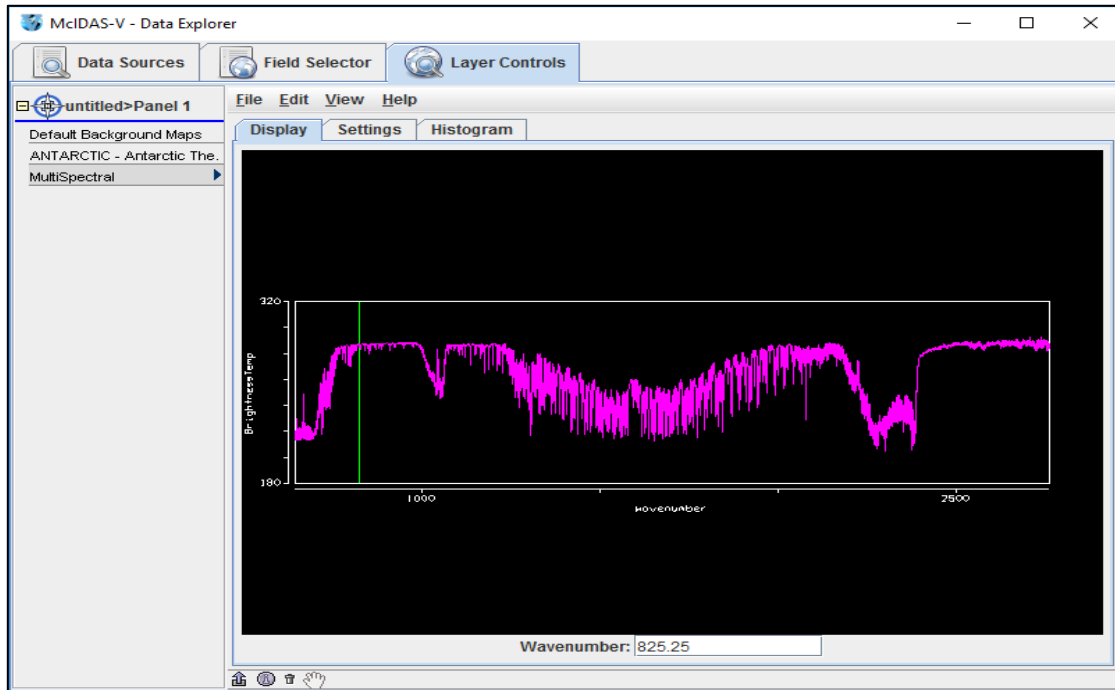


Рисунок 2.12 – Зміна даних HYDRA, що відображаються у вікні MultiSpectral

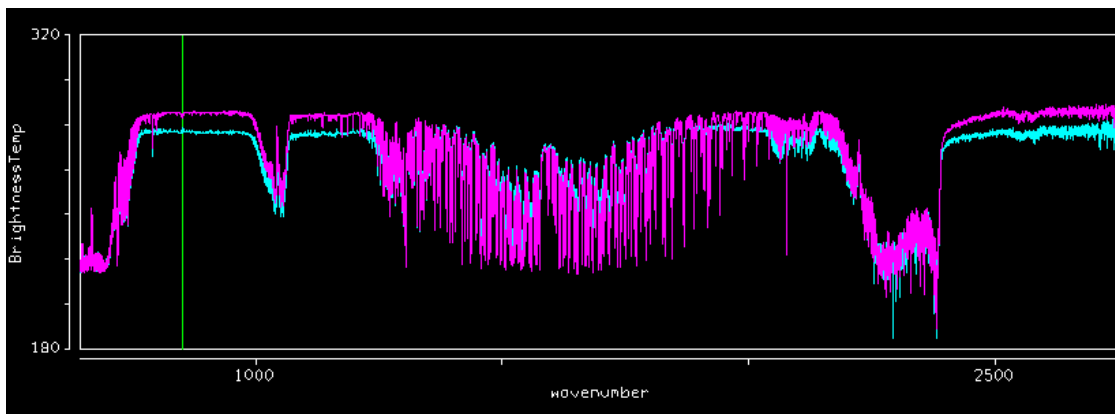


Рисунок 2.13 - Дані HYDRA, які відображаються у вікні MultiSpectral

2.3.1 Вкладка «Дисплей»

На вкладці Display відображається спектральна характеристика мультиспектрального або гіперспектральних зображення. Гіперспектр відображається у вигляді безперервної лінії на графіку, а мультиспектр - набором точок, який залежить від кількості спектральних груп і їх довжини хвилі (рис.2.14).

Довжина хвилі відображається по осі x, а поточне значення відповідає частині спектра, знімок в якому показаний в провіднику даних. Переміщаючи зелену лінію або змінюючи значення в рядку wavenumber, можна змінювати довжину

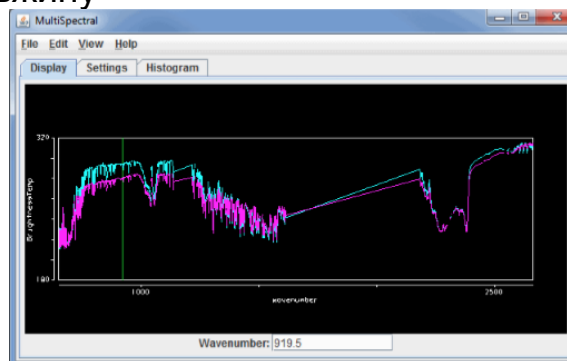


Image 1: Display Tab of the MultiSpectral Display Controls Window for Hyperspectral Data

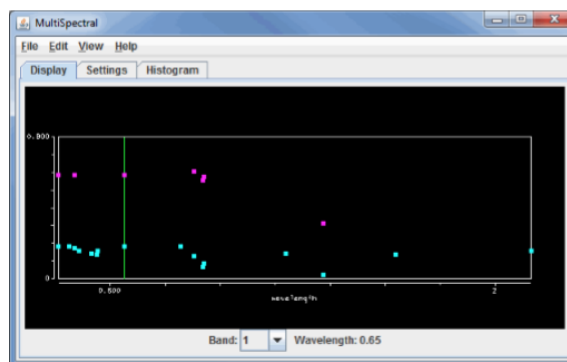


Image 2: Display Tab of the MultiSpectral Display Controls Window for Multispectral Data

Рисунок 2.14. – Спектри гіперспектральних і мультиспектрального зображення

Щоб збільшити зображення, потрібно натиснути shift і потягнути лівою кнопкою миші, повернутися назад - Ctrl + клік лівою кнопкою миші.

2.3.2 Вкладка Налаштування

Вкладка «Налаштування» (рис. 2.15) показує параметри дисплея і зчитувальних проб. Проби, що зчитуються - інформація про колір і прозорості, які відображаються на головному екрані. Проби можна видалити або додати.

Колірна палітра «Color Table» показує поточні налаштування відображення кольору, включаючи мінімальне і максимальне значення. На цій вкладці можна змінити колір і діапазон значень.

Положення по вертикалі «Vertical position» показує орієнтація знімка по відношенню до інших відображуваним даними (змінюється повзунком). У цьому ж вікні в рядку «Background color» можна вибрати фоновий колір - чорний або білий.

2.3.3. Вкладка Гістограма

Дана вкладка відображає гістограму зображення (рис.2.16). Зображення збільшується, якщо натиснути і потягнути ліву кнопку мишки або задати мінімальне і максимальне значення в віконцях Rang. Reset - повернення до діапазону за замовчуванням.

2.3.4 Меню

Меню «Файл, Редагування, Вид і Допомога» містить стандартні опції. У цьому меню є опція «Використовувати проекцію даних» - центрування дисплея і установка масштабу за замовчуванням без зміни інших змінених налаштувань.

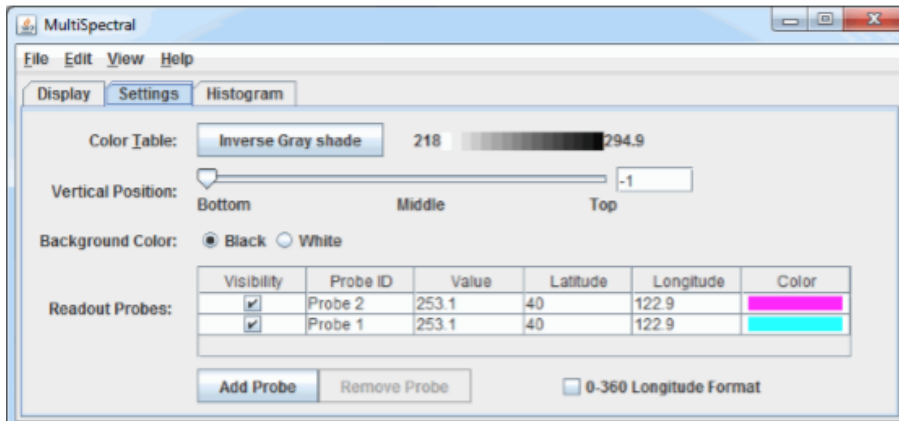


Рисунок 2.15 – Вкладка «Налаштування» McIDAS

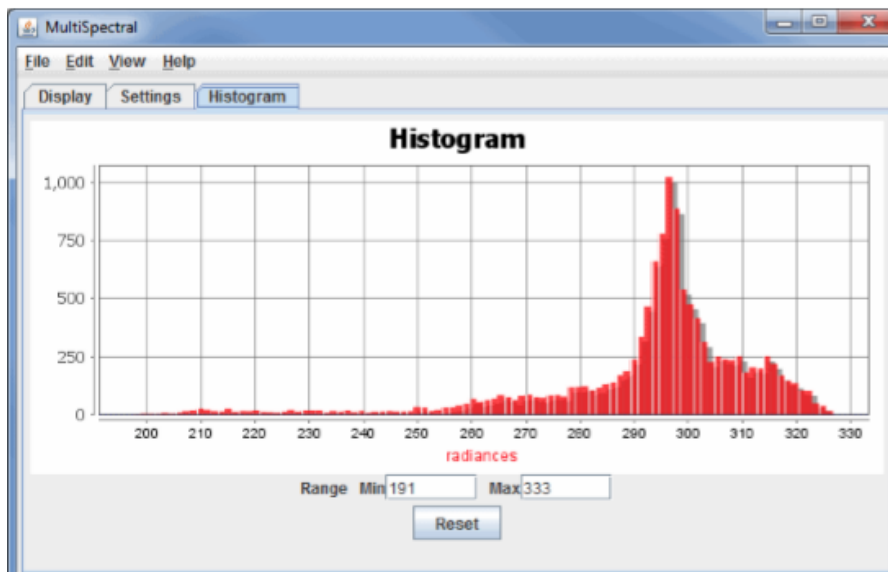


Рисунок 2.16 – Гістограма зображення

2.4 Радарні зображення II рівня

Дані рівня II надаються у вигляді файлів об'ємного сканування, причому кожен файл має дані радара WSR-88D для всіх розгорток на один час. Архівні дані другого рівня можна отримати в Національному кліматичному центрі даних (National Climatic Data Center - NCDC).

2.4.1 Відображення радарних зображень II рівня

Для перегляду радарних зображень у вкладці «Джерела даних» (див. рис. 2.17) були обрані пункти «Радар» - «Рівень II» - «Дистанційні». Одним натисканням лівої кнопки мишки відбувається вибір станції. Обраний об'єкт підсвічується червоним кольором. Після цього потрібно натиснути кнопку «Add Source».

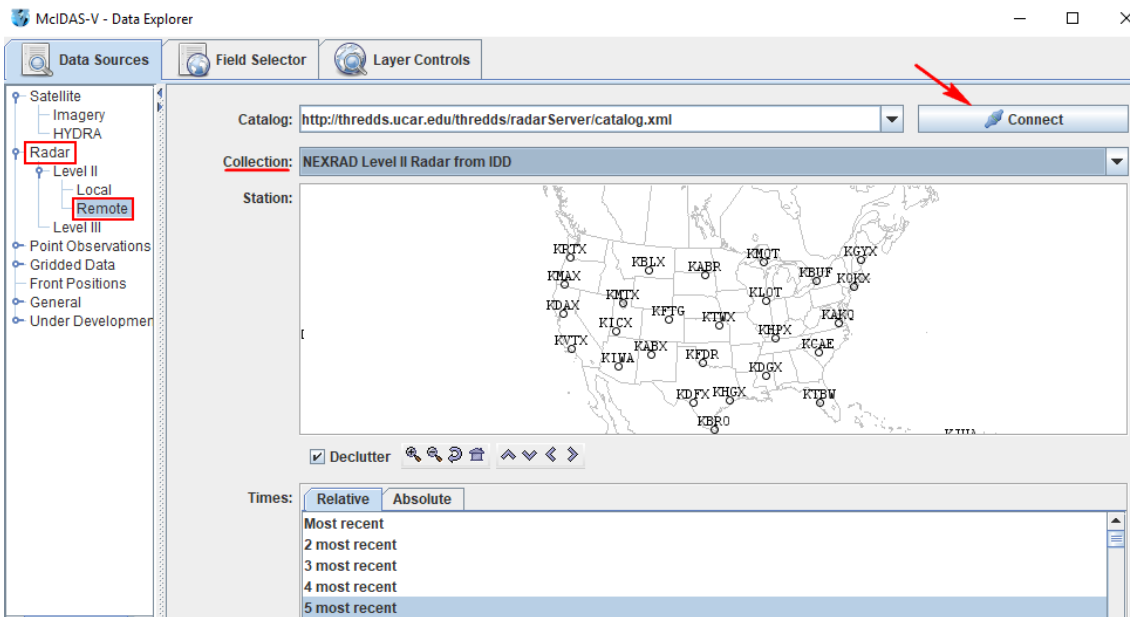


Рисунок 2.17 – Вибір джерела даних для перегляду радарних зображень

Джерело даних відображається на вкладці «Field Selector» в «Data Explorer». Дані другого рівня мають 3 типи даних: відбивну здатність (Reflectivity), радіальну швидкість (RadialVelocity) і спектральну ширину (SpectrumWidth). McIDAS-V має кілька типів відображення для даних другого рівня, і будь-який з цих типів даних може відобразитися на будь-якому з дисплеїв. При виборі «Reflectivity» на панелі «Fields» відобразиться список доступних дисплеїв на панелі «Displays» (рис.2.18).

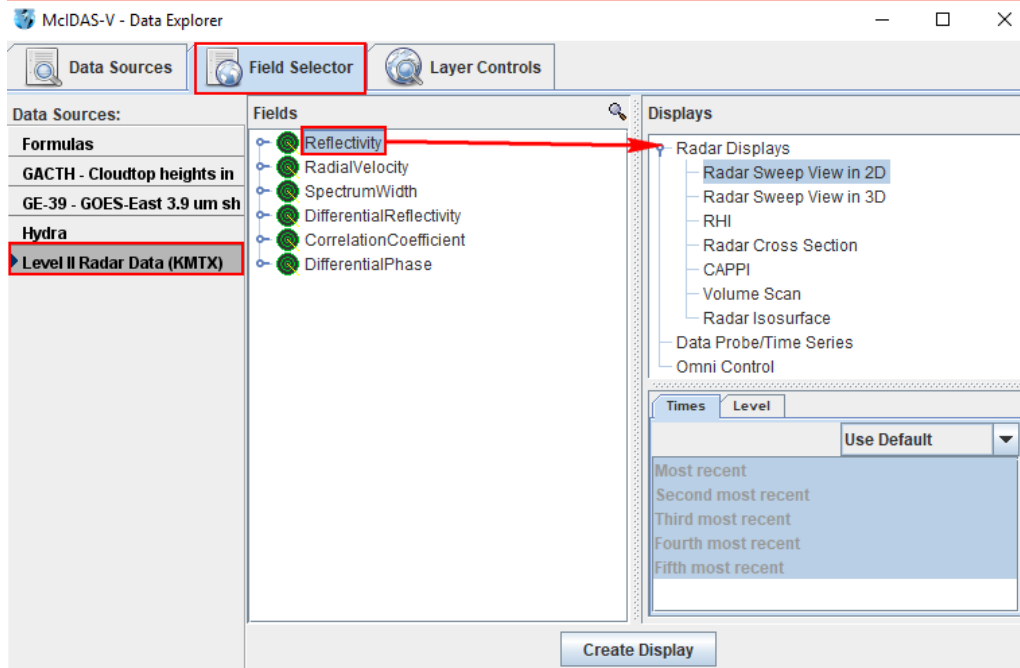


Рисунок 2.18 - Вкладка вибору поля в провіднику даних

2.4.2 Створення 2D-дисплеїв окремих розгорток

Виберіть Radar Sweep View in 2D під Radar Display на панелі Displays і натисніть кнопку Create Display. Radar Sweep View in 2D відображає дані у вигляді кольорового зображення на основі області 3D-дисплея.

Можна додати діапазон кільця в Displays-> Add Range Rings (рис. 2.19).

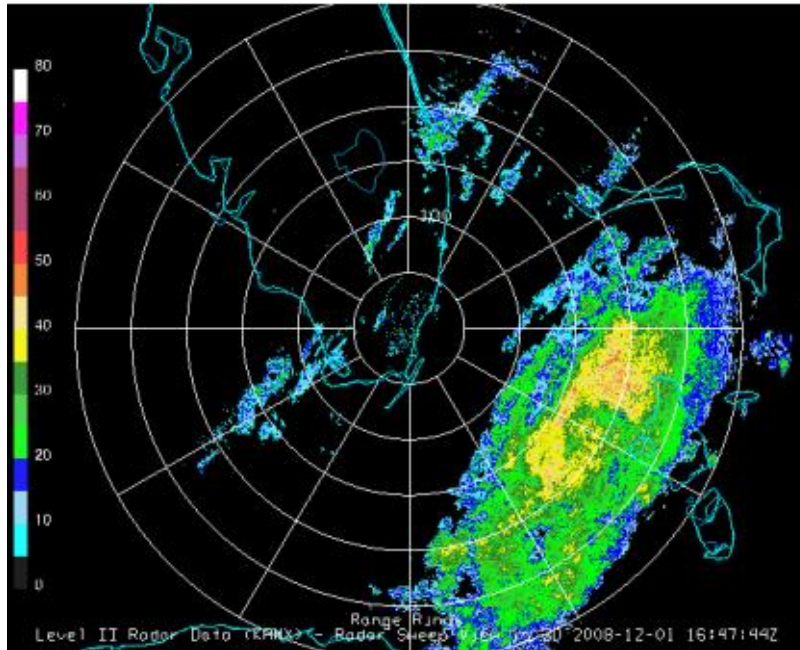


Рисунок 2.19 - 2D-радар другого рівня, що відображається в головному вікні дисплея

2.4.3 Створення окремих розгорток 3D-дисплеїв

Виберіть Radar Sweep View in 3D під Radar Displays в панелі Displays. Радарна розгортка в 3D-режимі відображає дані у вигляді кольорового зображення з даними, нанесеними в 3D-просторі. Ви можете повернути дисплей, щоб побачити його 3D-характер.

Так як Земля проектується на плоску поверхню на цьому дисплеї, розгортка має форму, дуже близьку до обертової параболі. Меню Elevation Angles на вкладці Controls Layer дозволяє змінювати стреловидність висоти для відображення (рис. 2.20).

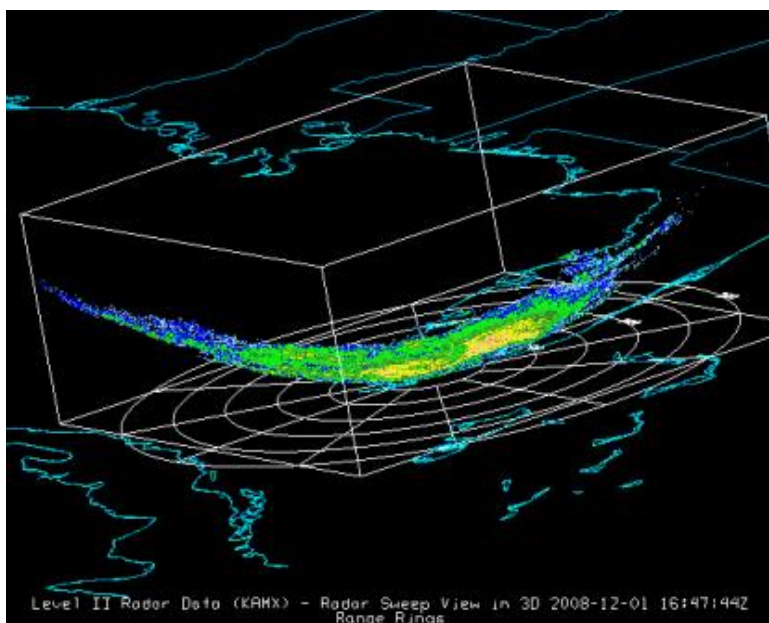


Рисунок 2.20 - 3D-радар рівня II, який відображається в головному вікні дисплея

2.5 Відображення радарних зображень III рівня

Для перегляду радарних зображень у кладці «Джерела даних» були обрані пункти «Радар» - «Рівень III».

Радарна розгортка в 3D-режимі відображає інформацію у вигляді кольорового зображення з даними, нанесеними в 3D-просторі на висоті, де відбулося сканування (рис. 2.21).

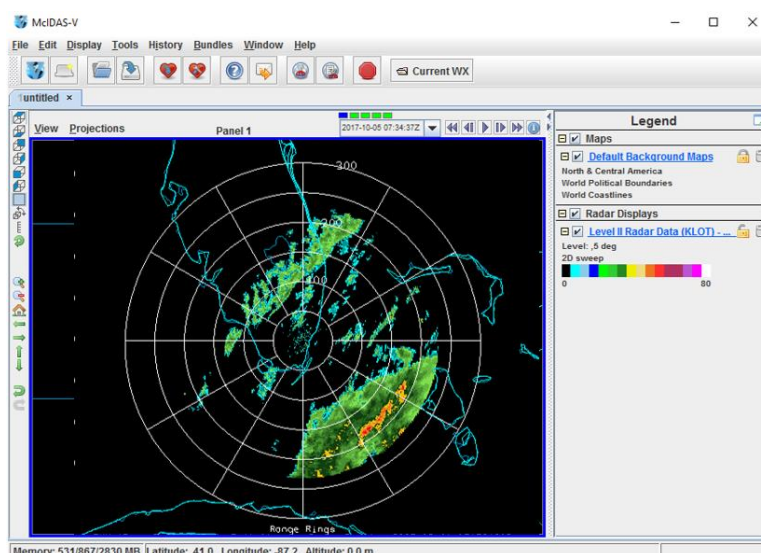


Рисунок 2.21 – Радарне зображення III рівня

- Етапи відображення радіолокаційних зображень III рівня включають:
- вибір даних радарного зображення з віддаленого сервера;
 - завантаження вікна з вибором радарного дисплея.

Для вибору даних радарного зображення з віддаленого сервера у вікні «Провідник даних / Data Explorer» виберіть вкладку «Джерела даних / Data Sources». У лівій частині цієї вкладки виберіть «Радар / Radar» і «Рівень III / Level III» зі списку доступних опцій.

- 1) Виберіть сервер «ADDE»: adde.ssec.wisc.edu і набір даних: RTNEXRAD як показано на рис. 2.22. Потім натисніть «Підключитися / Connect», щоб виконати запит для доступу до можливих радарів.



Рисунок 2.22 – Вибір сервера і набору даних

- 2) Виберіть радарний продукт «NOR - Base Reflectivity Tilt 1», у спадному меню.
- 3) На карті будуть відображені доступні місця розташування радіолокаційних станцій і їх ID. Виберіть одну з точок, клацнувши по ній мишкою (рис.2.23).

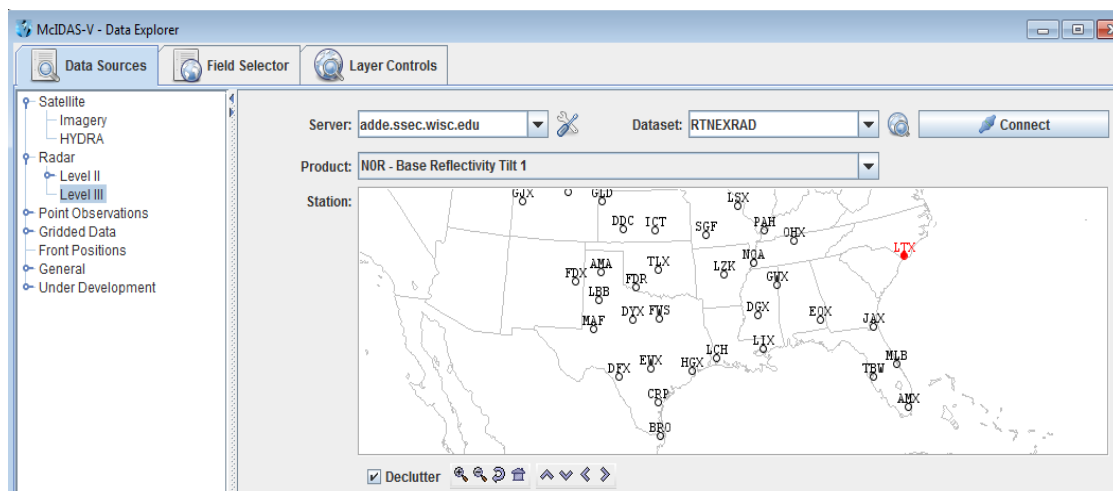


Рисунок 2.23 – Доступні радіолокаційні станції в поточний момент

Прапорець Declutter дозволяє показувати все станції (неперевірені) або тільки обмежена кількість станцій, які не перекривають кожні інші (перевірені). Необхідно збільшити масштаб, щоб побачити всі станції без перекриттів, скориставшись кнопками масштабування.

- 4) Існує вибір відносного набору кроків часу (наприклад, останні 6 разів) (рис.2.24) або абсолютного часу.

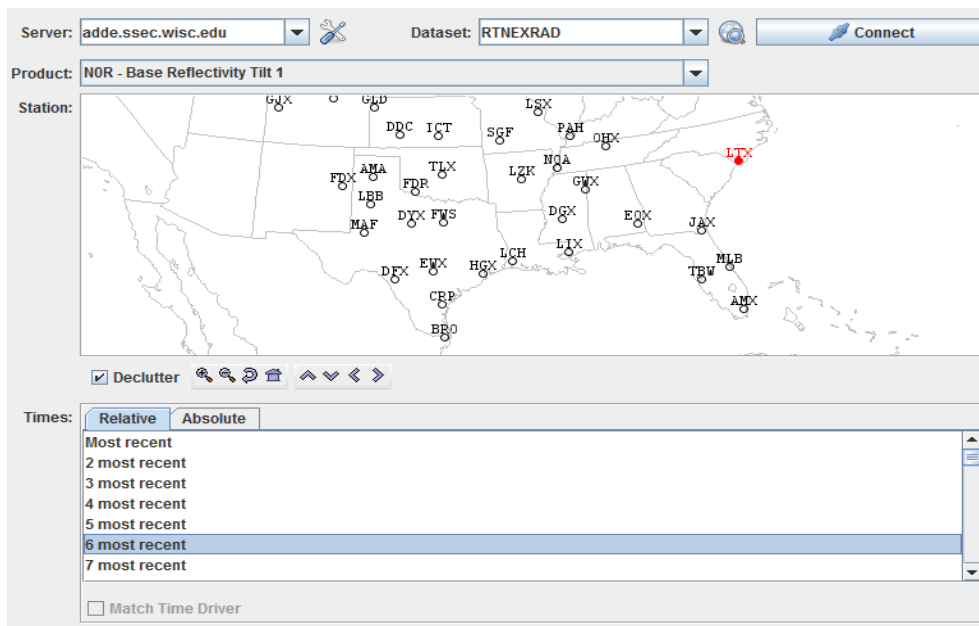


Рисунок 2.24 – Вибір періоду

5) Можна вибрати абсолютний набір часу (за весь період). Для цього при виборі часів вперше в McIDAS-V необхідно запросити сервер часу ADDE. Це може зайняти деякий час. Далі виберіть більш ніж один часовий інтервал, використовуйте Control + Click або Shift + Click, щоб вибрати кілька. Результат представлений на рис. 2.25.

6) По завершенні завантаження обраних радіолокаційних даних виконайте їх завантаження за допомогою кнопки «Додати джерело / Add Source».

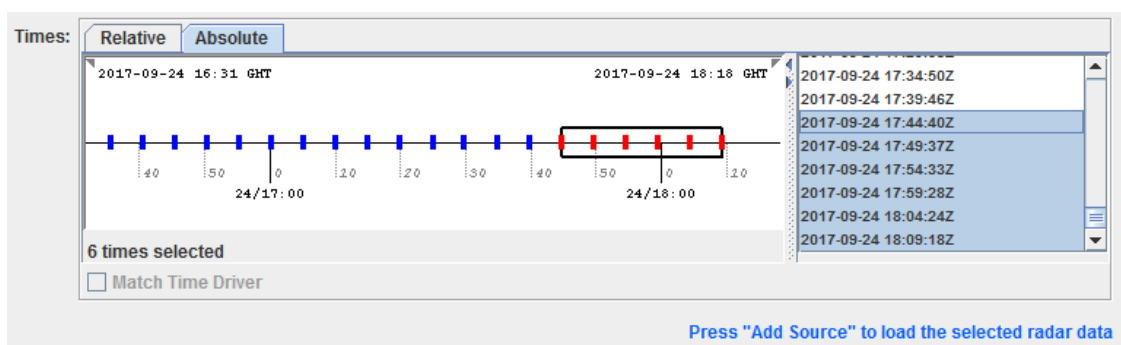


Рисунок 2.25 – Вибір кількох тимчасових інтервалів

7) Після завантаження, яка може зайняти деякий час, обраний джерело радіолокаційних даних буде показаний на вкладці «Вибір полів / Field Selector» у «Провіднику даних / Data Explorer».

8) 1) Відкрийте панель Base Spectrum Width на панелі Fields подвійним клацанням миші, щоб вибрати тип даних. Виберіть, наприклад, Raw, після цього справа - «Відображення

зображення / Image display» на панелі «Дисплеї» в розділі «Зображення / Imagery» і виведіть дані на дисплей, натиснувши кнопку «Показати дані / Create display», як показано на рис 2.26.

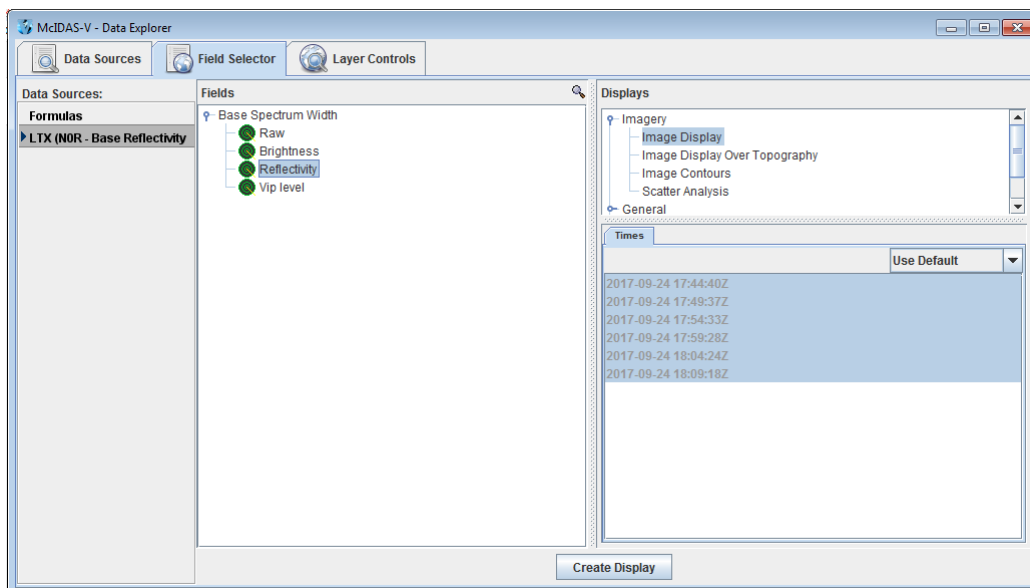


Рисунок 2.26 – Відображення даних на екрані

9) Ви можете додати Діапазон окружності / Range Rings »за допомогою пункту меню« Дисплей / Display »і« Додати діаметр окружності / Add Range Rings ».

2.6 Використання *GLOBE DISPLAY* в *MCIDAS*

2.6.1 Globe Display дані

На дисплеї Globe Display McIDAS-V знімки проектуються на сферичний глобус. Такі дані дозволяють користувачеві вирішувати величезний спектр прикладних задач щодня. За допомогою Globe Display даних можливо відстежити динаміку різних погодних явищ, їх поява і переміщення, безпосередньо відображаються на поверхні Землі, наочно оцінити масштаби їх прогресії або регресії. Земна куля можна обертати вручну або автоматично, поряд зі звичайним масштабуванням і тимчасової анімацією дисплеїв на земній кулі, що дуже зручно використовувати при роботі зі знімками на Земній кулі. Завдяки функціям масштабування, є можливість наочно оцінити Земна куля повністю (рис.2.27).

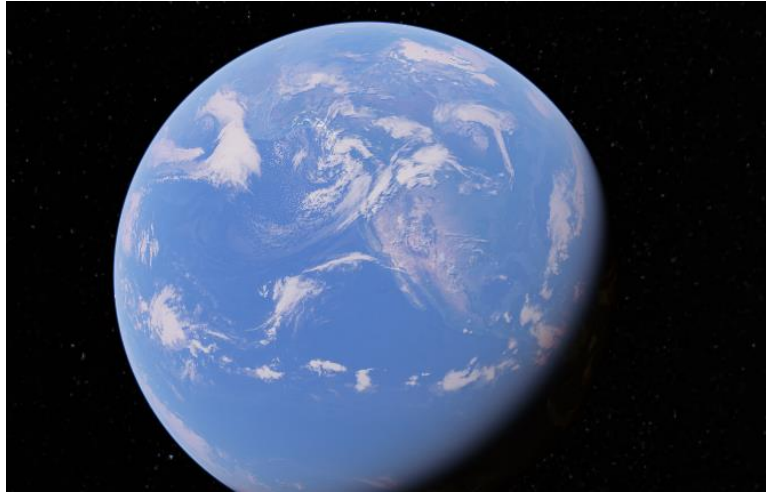


Рисунок 2.27 – Робота з Globe Display даними

2.6.2 Створення вікна Globe View

Для створення вікна Globe View, було використано меню «Файл» / «File» -> «Нова вкладка дисплея» / «New Display Tab» -> «Відображення глобуса» / «Globe Display» -> «Одна панель» / «One Panel» (рис.2.28).



Рисунок 2.28 – Створення вікна Globe View в McIDAS

2.6.3 Вибір глобальних супутникових зображень

Після створення Globe View в McIDAS-V була відкрита вкладка «Джерела даних» / «Data Sources» в «Провіднику даних» / «Data Explorer» і обраний «Супутник» / «Satellite» -> «Зображення» / «Imagery». І потім проведено підключення до одного з серверів, за допомогою набору даних RTIMAGES (рис.2.29).

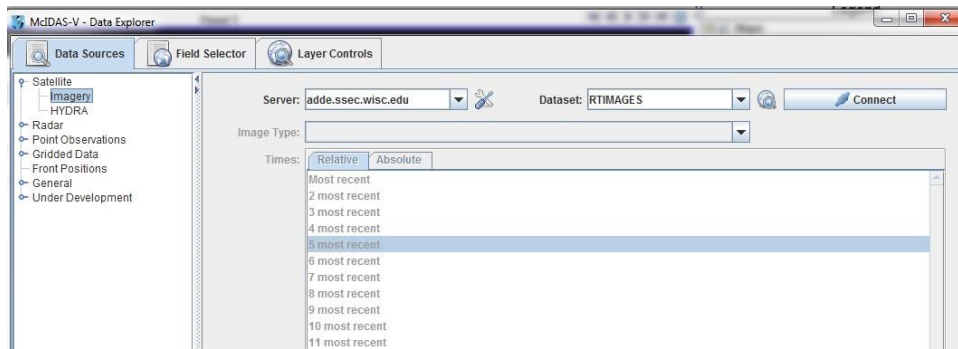
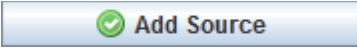


Рисунок 2.29 – Підключення сервера, за допомогою набору даних RTIMAGES

Потім з селектора типу даних зображення був обраний тип ІЧ-зображення GE-IR-GOES-East Hemispheric і обрані три останніх зображення (рис.2.30).

Після натискання кнопки , був завантажений джерело даних (рис.2.31).

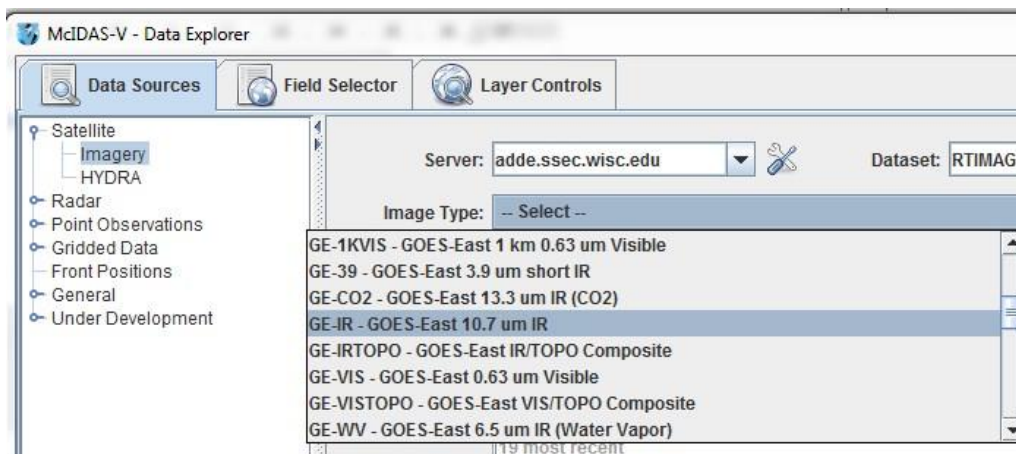


Рисунок 2.30 – Вибір типу ІЧ-зображення

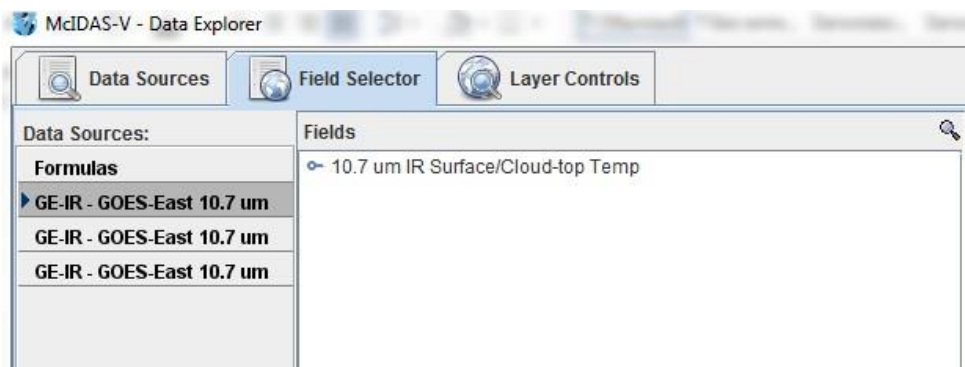


Рисунок 2.31 – Результат завантаження джерела даних

2.6.4 Відображення даних

Після вибору джерела даних було створено відображення, виконавши такі дії на вкладці «Селектор полів» / «Field Selector» в «Провіднику даних» / «Data Explorer»:

- вибір джерела даних «GE-IR-GOES-East Hemispheric IR» на панелі «Джерела даних» / «Data Sources»;
- вибір поля «10,7 мкм інфрачервоного поля / хмарності» / «10.7 um IR Surface / Cloud-top Temp» -> «Яскравість» / «Brightness» на панелі «Поля» / «Fields» (рис.2.32).

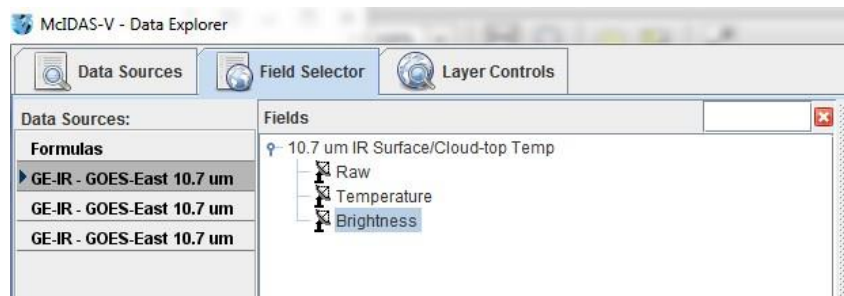



Рисунок 2.32 – Вибір поля

- Вибір «Відображення зображення» / «Image Display» на панелі «Дисплеї» / «Displays».

Після натискання кнопки , був створений екран (рис.2.33).

Є можливість переміщення дисплея за допомогою стандартних функцій масштабування, панорамування і повороту Мадіскаса-В. Для цього були виконані наступні етапи:

За допомогою панелі Viewpoint або меню «Перегляд» / «View» -> «Точка огляду» / «Viewpoint» був виконаний поворот на Захід (рис.2.34).

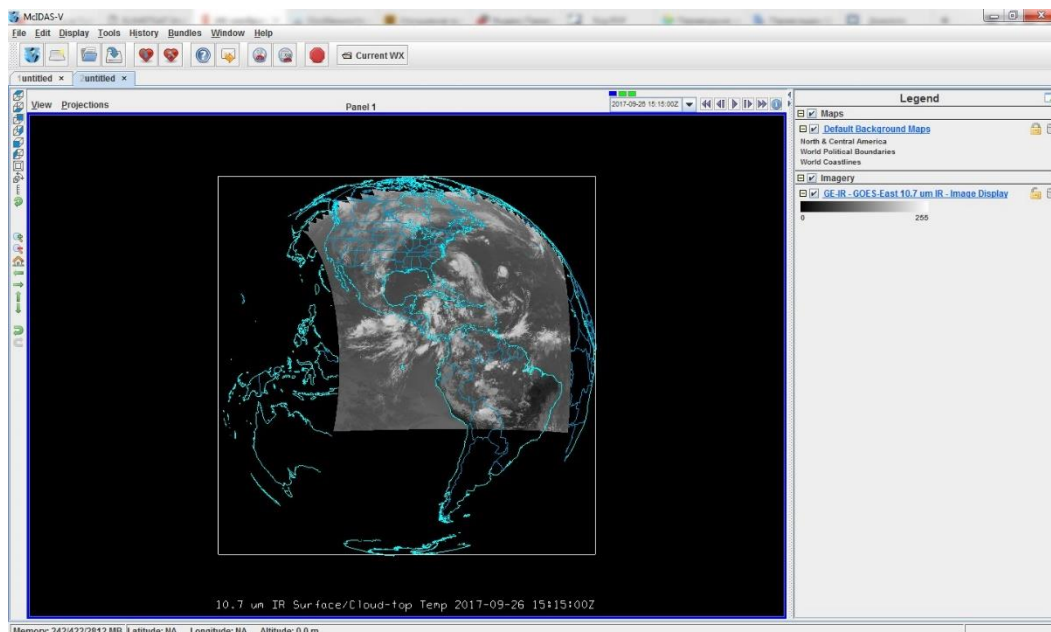


Рисунок 2.33– Результат відображення даних

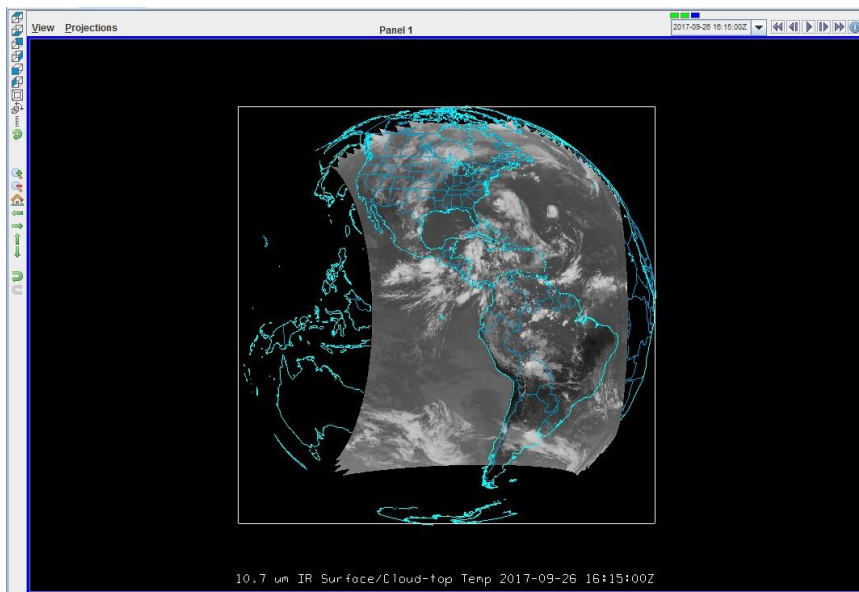


Рисунок 2.34 – Результат повороту земної кулі на Захід

Виконано запуск анімації зображення за допомогою віджета Time Animation.

Використовуючи вікно «Перегляд» / «View» -> «Точка огляду» / «Viewpoint» -> «Автоматичний поворот» / «Auto-Rotate View» головного вікна дисплея був виконаний поворот земної кулі вздовж вертикальної осі (рис.2.35).

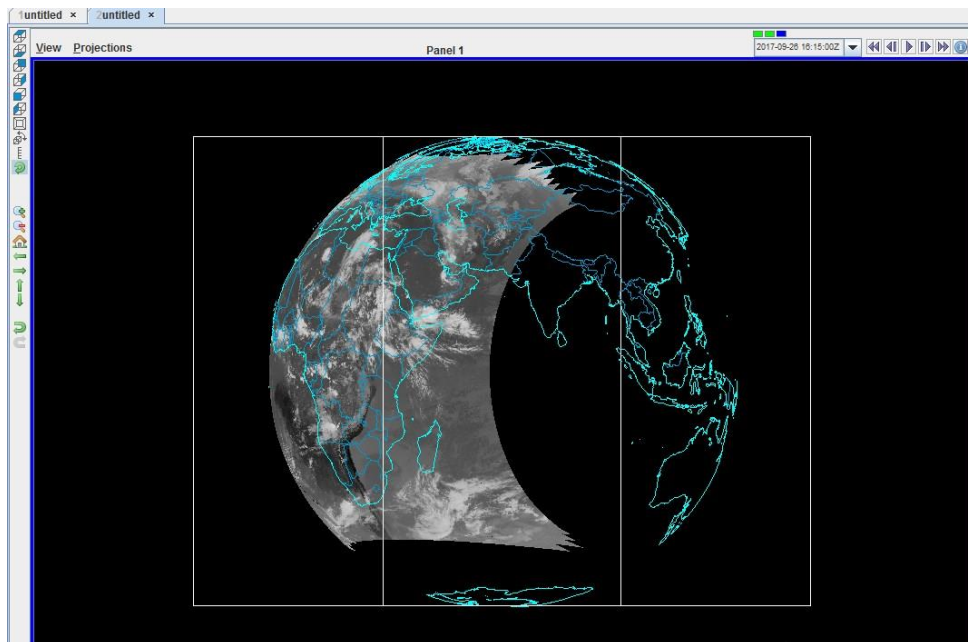


Рисунок 2.35 – Результат повороту земної кулі вздовж вертикальної осі

Будь-які відповідні дані з навігаційною інформацією (широта, довгота і висота), які можуть обробляти McIDAS-V, можуть відображатися на дисплеї земної кулі.

2.7 Завантаження локальних даних

У вікні «Обозреватель даних» / «Data Explorer» була обрана вкладка «Джерела даних» / «Data Sources». У лівій частині цієї вкладки вибрано «Загальні» / «General» -> «Файли» / «Files» зі списку доступних варіантів вибору (рис.2.37).

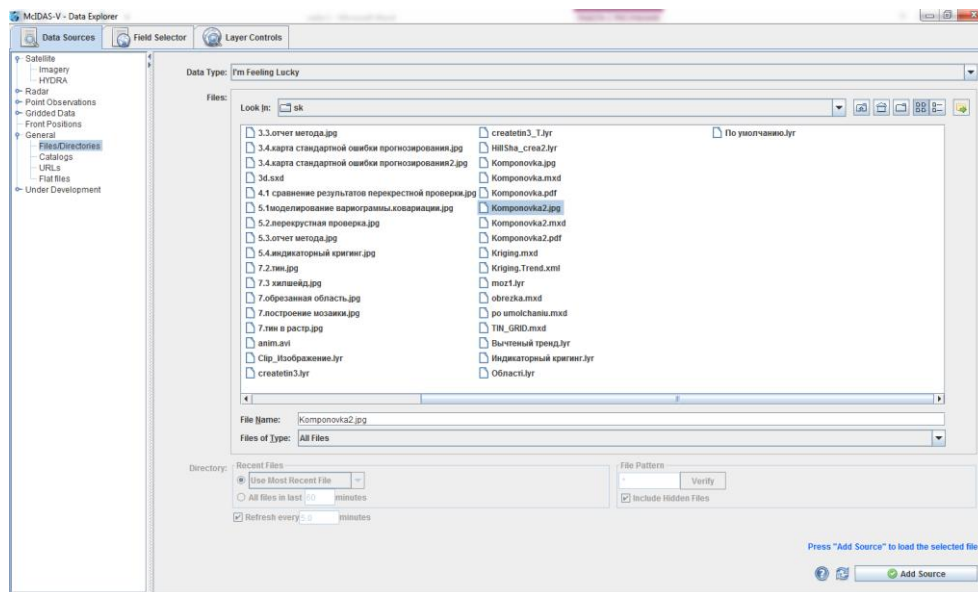


Рисунок 2.37– Вибір файлу

У каталозі, що містить необхідний файл, було використано меню «Пошук» / «Look In» для вибору каталогів. Для вибору декількох файлів було застосовано поєднання клавіш Ctrl + click або Shift + click. Тип даних був вказаний за допомогою меню «Тип даних» / «Data Type»

Після вибору файлу з розширенням .jpg, виконалася завантаження (рис. 2.38), натиснувши кнопку .

Завантажений файл, що відображає Азовське море, представлений на рис. 2.39.

Локальні файли даних відображені на вкладці «Поле селектора» / «Field Selector» провідника даних (рис.2.40).

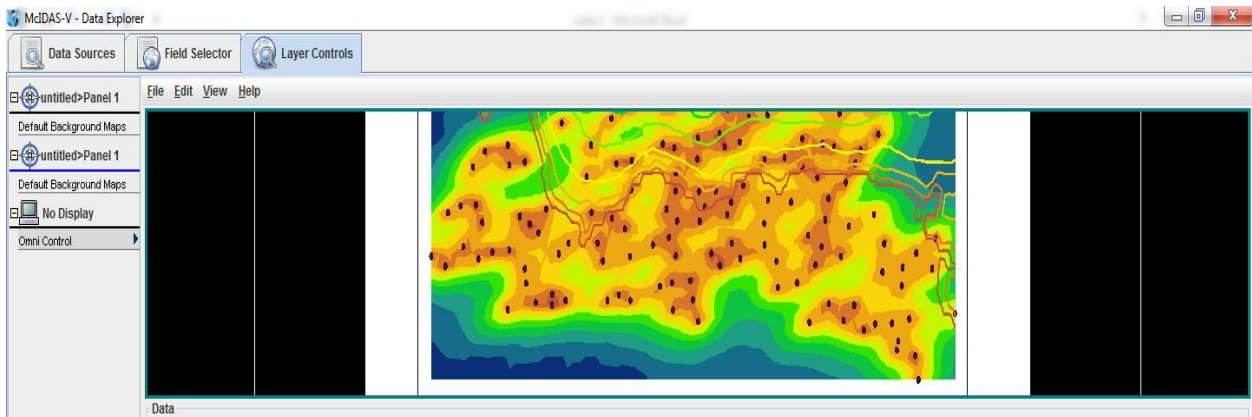


Рисунок 2.38 – Результат встановлення з'єднання з місцевими даних

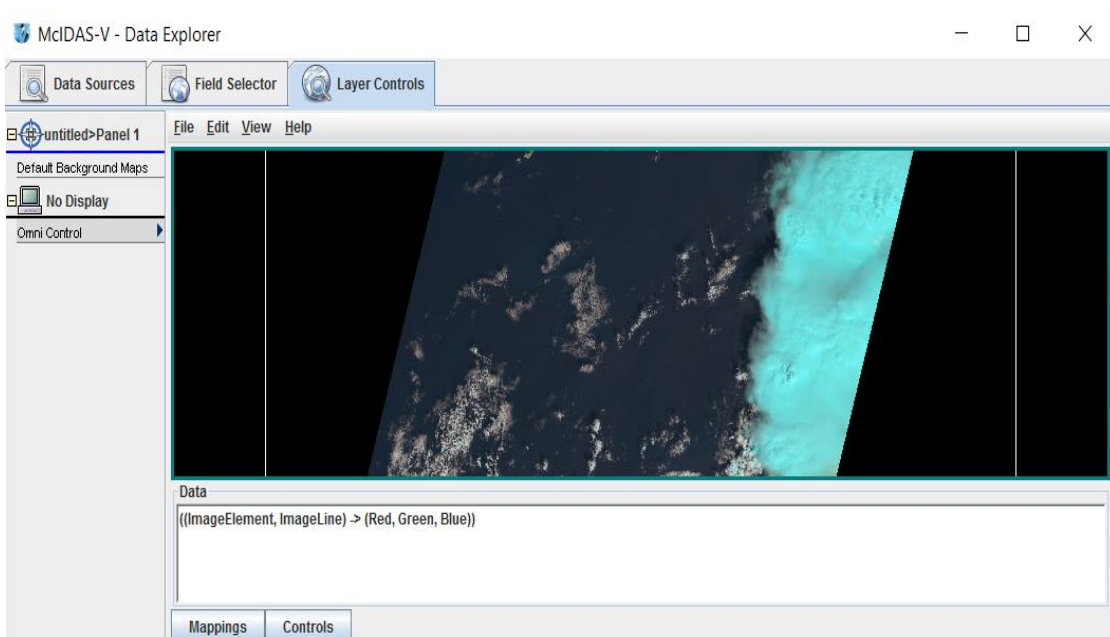


Рисунок 2.39 — Знімок Азовського моря відображений в Mcidas

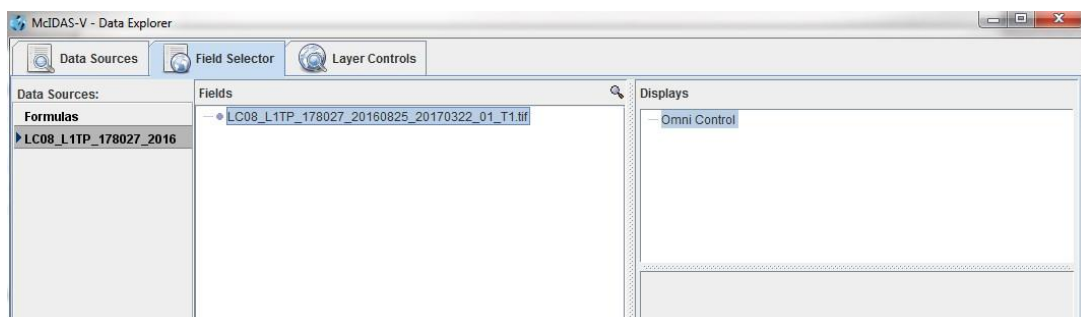
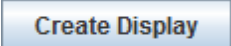


Рисунок 2.40 – Відображення локальних даних

Ім'я джерела даних, вказане в «Поле селектора» / «Field Selector», ґрунтується на тому, чи завантажені файли або каталог. Якщо один файл завантажений, відображається ім'я файлу. Кілька файлів будуть перераховані як "N файлів", де N-кількість завантажених файлів. Каталог показаний як ім'я каталогу плюс шаблон файлу (якщо використовується), або ". *", Якщо всі файли в каталозі завантажені. Після вибору поля,

дисплея і час, за допомогою кнопки  відбувається відображення даних в головному вікні дисплея.

2.8 Відображенні даних з поверхні Землі і повітряного простору

При роботі з даними такого типу є можливість створювати макети моделей і контурні дисплеї з використанням даних поверхні Землі і даних повітряного простору.

2.8.1 Вибір Surface Observations з віддаленого сервера

У вікні «Провідник даних» вибираємо вкладку «Джерела даних» (рис. 2.41). У лівій частині цієї вкладки вибираємо «Спостереження за точкою» - > «Графік / Контур» зі списку доступних варіантів вибору.

Сервер «ADDE»: adde.ssec.wisc.edu і набір даних: RTNEXRAD (рис. 2.42). Потім натискаємо «Підключитися / Connect», щоб виконати запит для доступу до можливих радарів.

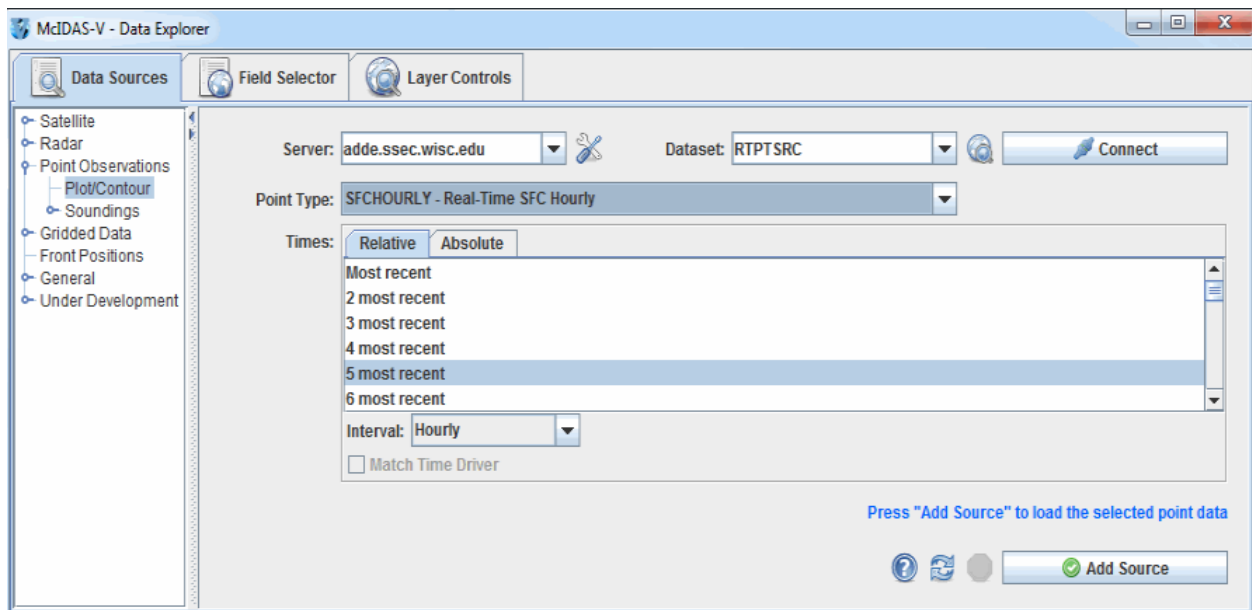


Рисунок 2.41 – Вкладка «Джерела даних» в провіднику даних



Рисунок 2.42 – Вибір сервера і набору даних

В поле «Тип точки: вибір» вибираємо «Погодинне час в реальному часі» або еквівалент в залежності від джерела даних. Можна вибрати або останні N раз, використовуючи вкладку «Відносне», або вибрати певний час, використовуючи вкладку «Абсолют». Натискаємо кнопку «Додати

джерело», коли вибір зроблено. Тільки дані з поточної дати будуть отримані з сервера.

2.8.2 Побудова і відображення графіків

Дані поверхневого спостереження будуть показані на вкладці «Вибір області» в «Провіднику даних» (рис.2.43).

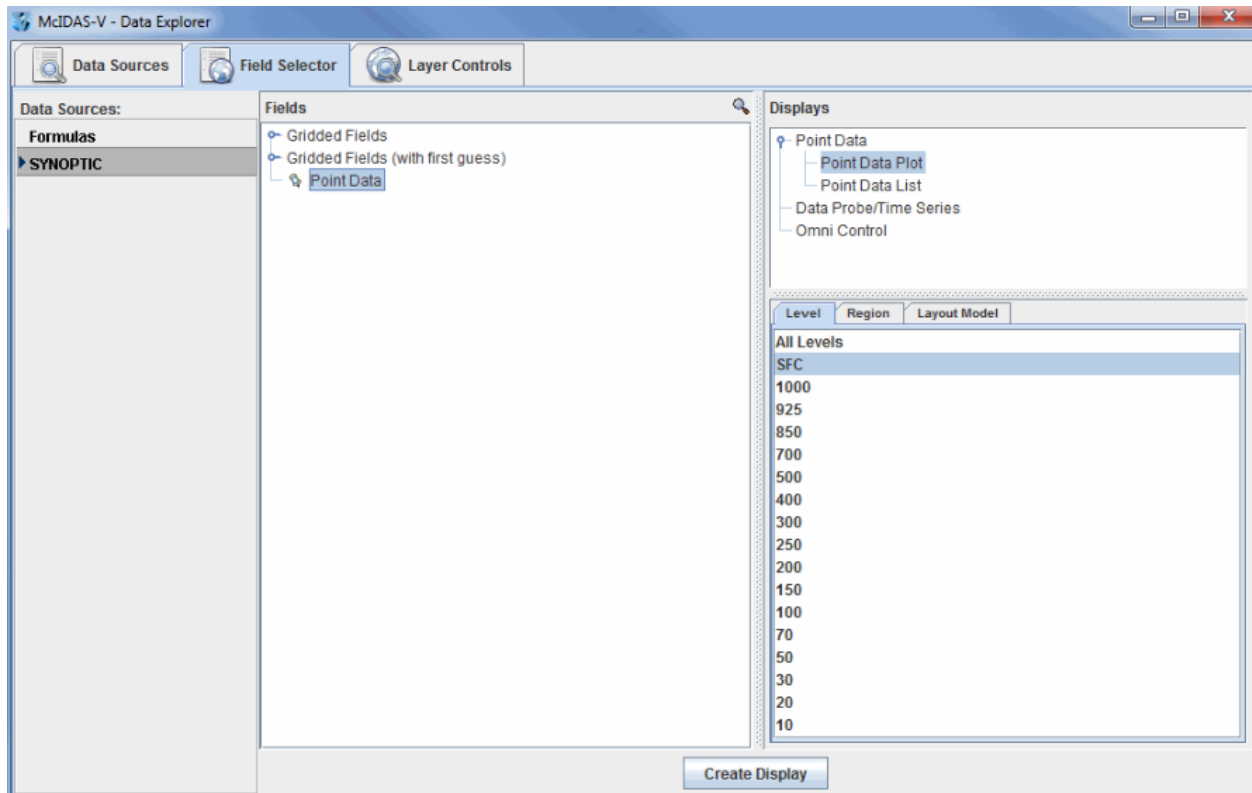


Рисунок 2.43 – Дані спостереження за поверхнею Землі в «Провіднику даних»

Вибираємо «Точкові дані» на панелі «Поле» і «Побудова графіка по точковим даними» в розділі «Дані точок» на панелі «Дисплеї». Відображаємо, натиснувши кнопку «Створити дисплей» в нижній частині вкладки «Вибір поля».

Щоб відобразити дисплей, використовуємо елементи управління точками даних на вкладці «Управління шарами».

Верхні повітряні ділянки можуть створюватися однаково. На вкладці «Джерела даних» в «Провіднику даних» вибираємо «Тип точки»: Встановлюємо значення параметра «Верхній повітря в реальному часі (обов'язковий)», «12 годин» і додаємо джерело. При виборі поля використовуємо рівень 500 МБ на панелі рівня і натискаємо кнопку «Створити дисплей», щоб відобразити дані у вікні основного дисплея.

2.8.3 Створення контурного дисплея

Параметр «Gridded Fields» дозволяє використовувати метод аналізу «Barnes» для створення полів з прив'язкою до сітки певних параметрів точки спостереження (рис.2.44). Вибираємо набір даних SYNOPTIC

(SFCHOURLY) на панелі «Джерела даних» в польовому селекторі. На панелі «Поля» відкриваємо дерево «Gridded Fields», клацнувши значок закладки (значок вкладки «Знімок») і вибираємо параметр температури (T). На панелі «Дисплеї» вибираємо «Перегляд плану контуру» і створюємо екран, натиснувши кнопку «Створити кнопку відображення» в нижній частині вкладки «Вибір поля». Можна створювати або редагувати свої власні моделі макета, використовуючи Редактор моделі макета. Щоб отримати доступ до редактора вибираємо «Редагувати» в розділі «Модель макета» на вкладці «Управління шарами» або «Інструменти» - «Редактор моделі макета» в головному вікні дисплея.

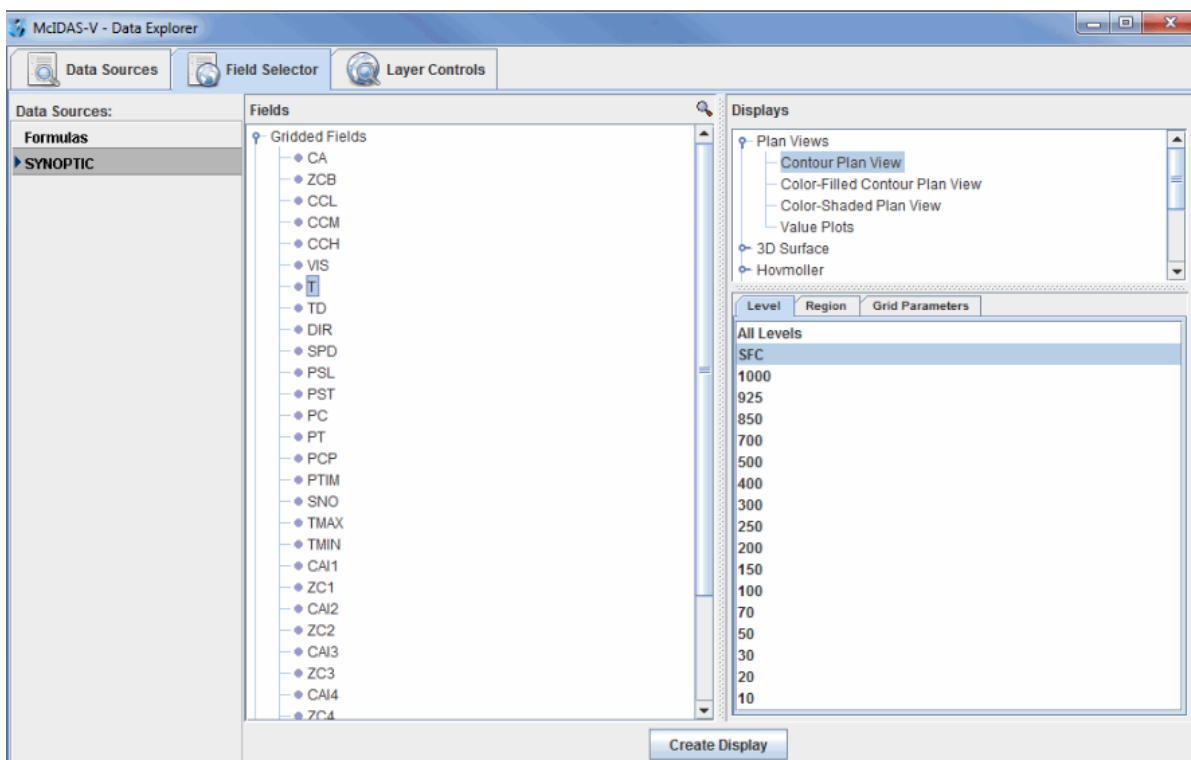


Рисунок 2.44 – Створення контурного дисплея, використовуючи параметр «Температура»

Поверхні з повітряним сіткою можуть створюватися однаково. У польовому селекторі виберіть набір даних UPPERMAND, відкриваємо вкладку «Градуїзовані поля», вибираємо параметр і рівень і створюємо дисплей.

В результаті використання даних про поверхню Землі і даних про повітряний простір створений макет моделі поверхні Землі в основному вікні дисплея (рис.2.45).

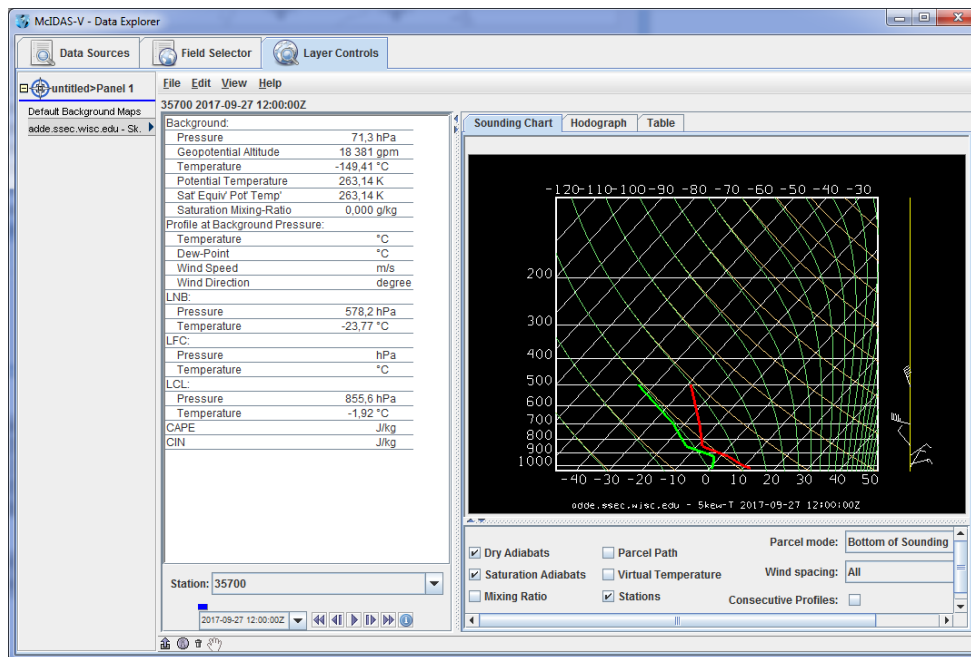


Рисунок 2.46 – Відображення Skew-T на вкладці Layer Controls в провіднику даних



Рисунок 2.47 – Вибір сервера і набору даних

Виберіть радарний продукт «UPPERMAND», у спадному меню.

На карті будуть відображені доступні місця розташування радіолокаційних станцій і їх ID. Виберіть один, клацнувши по ньому (рис. 2.48).

Є можливість також вибрати «UPPERSIG» для даних в реальному часі використовуючи верхній рівень повітря для категорії Soundings. Станції, відповідні даним критеріям, будуть відображатися на карті. Виберіть станції, які ви хочете використовувати. Ви можете вибрати одну або кілька станцій, натиснувши на них; Включена функція Declutter буде показувати тільки станції, які не перекриваються.

Після того, як ви виберете цікаву для вас станцію, виберіть доступне час, яке ви хочете переглянути (рис. 2.49).

Після завантаження, яка може зайняти деякий час, обраний джерело радіолокаційних даних буде показаний на вкладці «RAOB data» в «Провіднику даних / DataExplorer».

Відкрийте існуючу панель, щоб вибрати тип даних. Виберіть метод «Skew-T» на панелі «Дисплеї» в розділі «Зображення / Imagery» і виведіть дані на дисплей, натиснувши кнопку «Показати дані / Createdisplay», як показано на рис. 2.50.

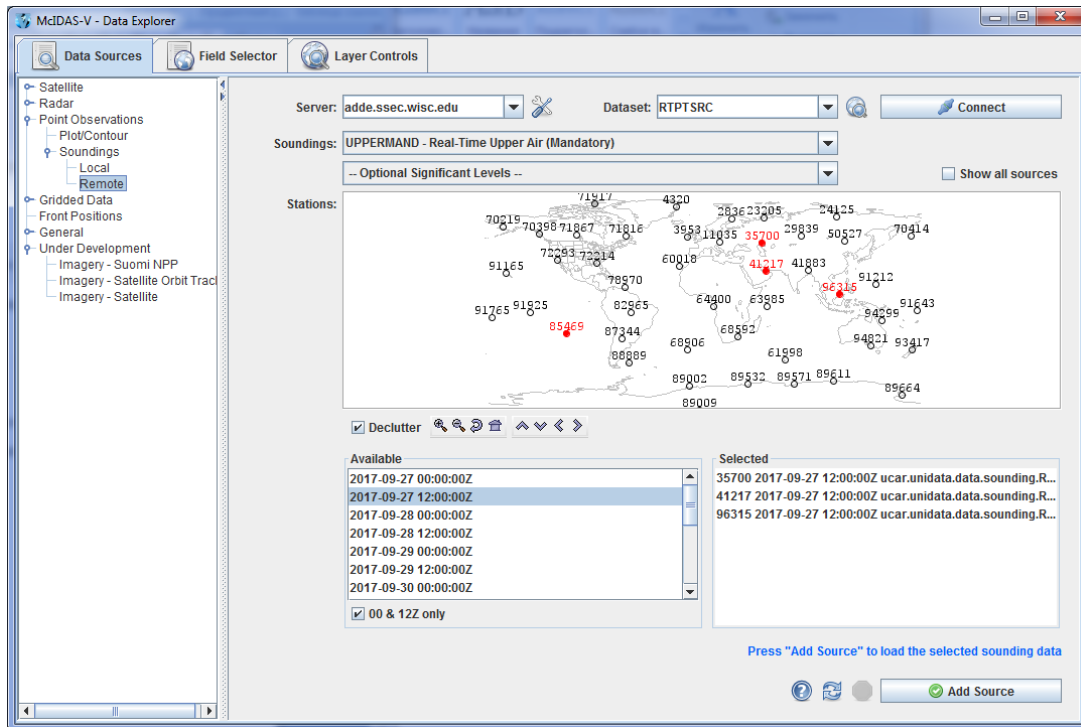


Рисунок 2.48 – Відображення доступних неперекриваючихся радіолокаційних станцій заданий в обраний момент часу

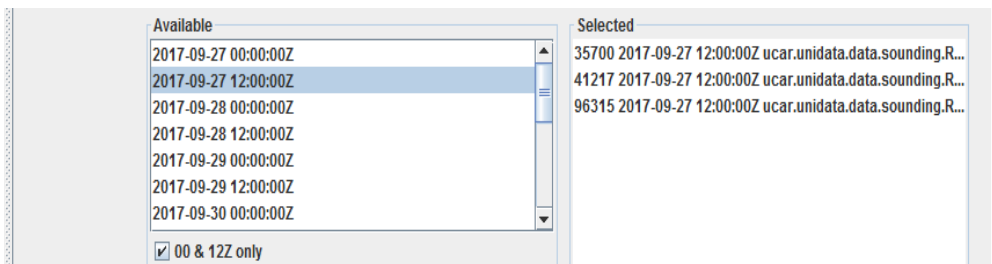


Рисунок 2.49 – Вибір періоду

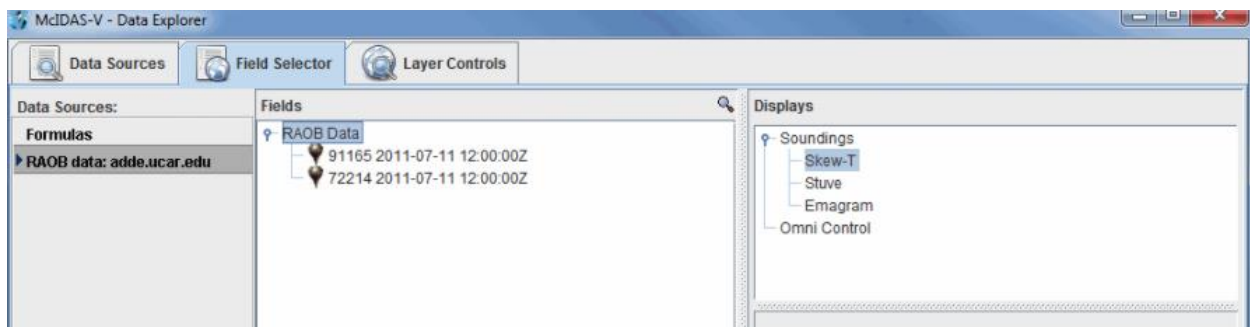


Рисунок 2.50 – Відображення даних на екрані

3 ПОБУДОВА КАРТ ПОГОДИ С ВИКОРИСТАННЯМ ГІС “КАРТА 2011”

В ході даної роботи будуть придбані навички побудови погодних карт і матриць якостей в програмному продукті ГІС «Карта 2011», створення бази метеорологічних даних і зв'язок її з картою, створення семантики і їх оновлення.

3.1 Складання бази метеорологічних даних

База метеорологічних даних містить в собі прогнози погоди за певний період. У даній роботі були розглянуті дані на період з 05 серпня 2017 року по 07 серпень 2017 року. База даних представлена у вигляді таблиць в продукті Microsoft Access, містить в собі відомості про погоду в 40 містах України, які проіндексовані. Дані взяті в одне і теж час - 6:00 (рис.3.1).

У таблицях представлені наступні дані:

- напрямку вітру в градусах;
- напрямку вітру по розі вітрів;
- швидкість вітру в метрах на секунду;
- видимість в км (горизонтальна видимість на висоті 2 метри над земною поверхнею);
- хмарність: загальна кількість хмарності в балах (1 бал = 10%), далі після дробової риси кількість нижньої (2000м) хмарності в балах, потім висота нижньої межі в метрах. Термін «немає суц.обл.» (Немає суттєвої хмарності) означає відсутність хмар нижче 1500 м, термін «ясно» - безхмарне небо, «? /?» Небі не видно з-за туман або інших явищ (при цьому може вказуватися вертикальна видимість, виміряна приладом);
- T - температура повітря на висоті 2 метри над земною поверхнею;
- Td - туга роси на висоті 2 метра-характеристика вмісту вологи (до якої температури повинен охолодитися даний повітря, щоб почалося конденсація водяної пари);
- f - відносна вологість повітря на висоті 2 метри над земною поверхнею;
- Ti - ефективна температура (характеристика комфортності з урахуванням вологості повітря і швидкості вітру: температура, яку повинен мати сухе повітря при штилі, що б тепловідчуття людини було таким же як в даному вологому повітрі при наявності вітру);
- Pmin - атмосферний тиск на рівні моря;
- dP - баричного тенденція (вимір атмосферного тиску за останні 3 години);
- Po - атмосферний тиск на рівні метеостанції;
- O2 - зміст (концентрація) кисню в повітрі;
- R - кількість опадів за минулі годинник (зазвичай 12 або 6 годин) - еквівалентний шар рідкої води.

Инд	Название	Вр	Дата	Напг	Наг	С	Видимост	Облачков	T (°C)	Td (°C)	f(%)	Te (°C)	Pmin (r	dP (Po (r	O2	Tmin	R (м
#33998	Ай-Петри	6:00	05.08.2017	60	С-В	3	10	1/0 верхняя	25,3	7,8	33	25	1012,40	0,40	0		22,3	
#33562	Винница	6:00	05.08.2017	10	С	3	13	8/4 1000 м средняя	25,4	17,7	62	40	1012,40	1,00	734	267	22,9	
#33177	Владимир-Вольнский	6:00	05.08.2017	280	З	1	20	8/8 600 м [Sc]	23,9	17,0	65	36	1013,70	0,90	744	272	20,4	
#34504	Днепропетровск (Кайдаки)	6:30	05.08.2017	350	С	3	10	нет суц обл,	31,0	21,0	55	52	1011,00		746	269		
#34504	Днепропетровск (Кайдаки)	6:00	05.08.2017	360	С	2	10	ясно	30,1	21,5	60	53	1011,50	0,90	746	266	22,4	
#33325	Житомир	6:00	05.08.2017	0	тихо	0	10	9/3 600 м кучево-	23,2	20,4	84	43	1012,50	0,40	741	270	21,1	3,0
#34601	Запорожье	6:00	05.08.2017	50	С-В	2	10	ясно	31,2	20,5	53	51	1011,30	0,70	749	266	22,5	
#33526	Ивано-Франковск	6:00	05.08.2017	290	З	2	20	6/0 средняя	24,8	19,2	71	42	1014,30	1,00	737	268	20,0	
#34415	Изюм	6:00	05.08.2017	30	С-В	1	20	ясно	27,9	20,3	63	47	1011,40	0,70	752	270	19,2	
#33885	Кагул	6:00	05.08.2017	0	тихо	0	10	ясно	26,8	22,0	75	50	1012,30	0,40	749	269	22,8	
#33345	Киев (город)	6:00	05.08.2017	360	С	1	10	9/4 600 м кучево-	22,5	20,0	86	41	1011,90	1,30	745	272	22,0	2,0
#33711	Кировоград	6:00	05.08.2017	190	Ю	1	10	1/0 средняя	28,1	18,7	57	44	1012,20	0,80	745	268	20,6	

Рисунок 3.1 – База метеорологічних даних в середовищі Microsoft Access на 05.08.2017 р.

Інформація для бази метеоданих була взята з джерела <http://meteocenter.net>. Після заповнення таблиці та перевірки характеристик, дані були переведені у формат *.dbf для подальшої роботи з ними в ГІС «Карта 2011».

3.2 Завантаження карти України та карти метеорологічних пунктів в ГІС «Карта – 2011» і зв'язування її з базою метеорологічних даних

Для початку необхідно карту метеосупутників привести в масштаб 1: 200 000. Для цього необхідно створити нову карту в ГІС Карта - Міні, і скопіювати на неї всі станції. Далі працювати будемо в ГІС «Карта 2011».

Після завантаження в ГІС «Карта 2011» карти України і карти метеостанцій, довантажувати базу метеорологічних даних. На панелі інструментів вибираємо «База» з випадаючого меню вибираємо «Створити проект». У вікні проекту завантажуюмо таблиці бази даних (рис.3.2, 3.3).

Щоб зв'язати карту і базу даних необхідно додати поля LinkSheet і LinkObjekt. Для цього вибираємо «Зв'язок таблиці з картою» і у вікні «Параметрів зв'язку карти і таблиць даних». Встановлюємо тип зв'язку «Внутрішній зв'язок через поля таблиці» (рис.3.4). Необхідно простежити з якою саме картою відбувається зв'язок бази даних.

Рисунок 3.2 – Завантаження бази метеорологічних даних

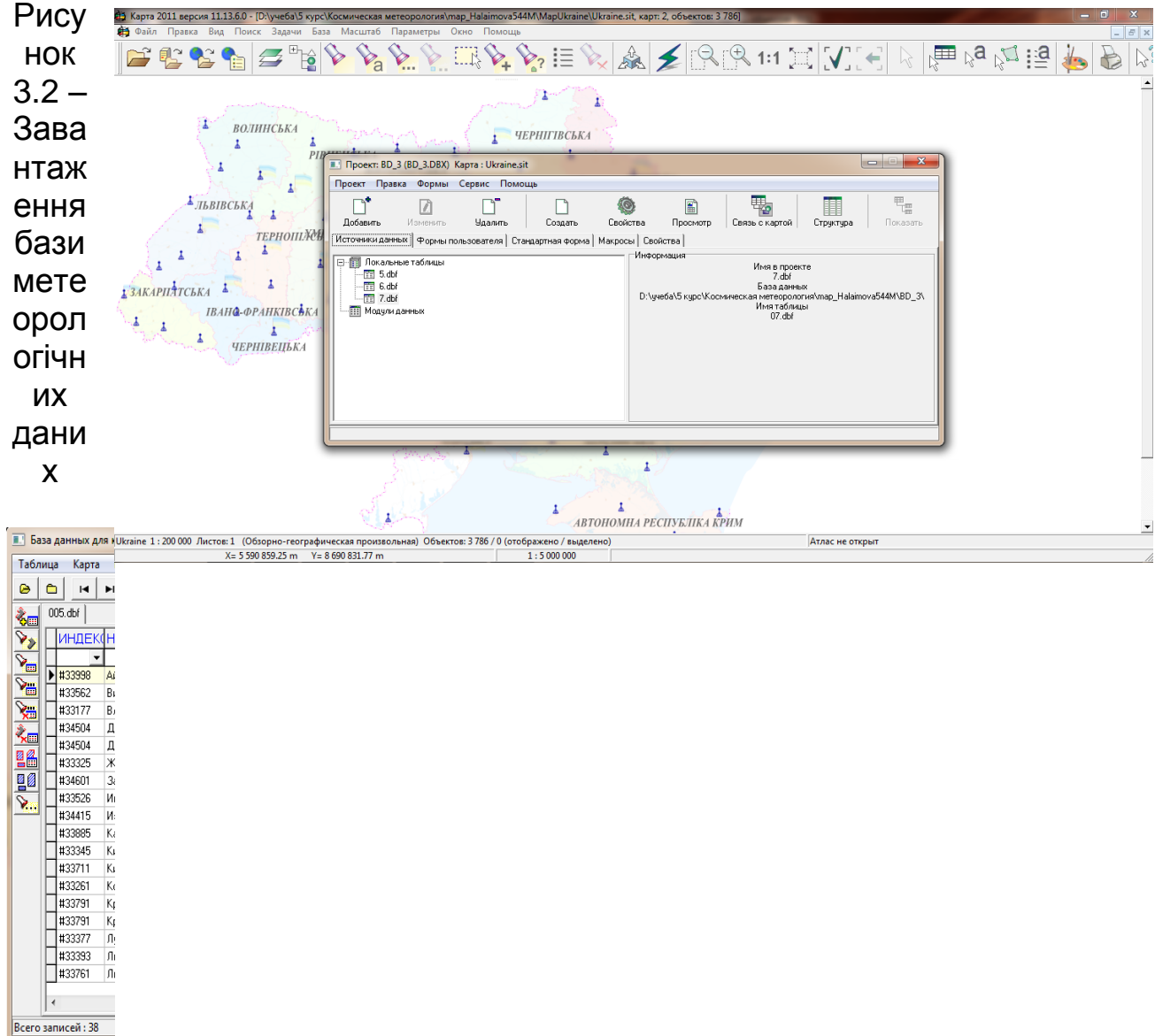


Рисунок 3.3 – Фрагмент таблиці з бази метеорологічних даних

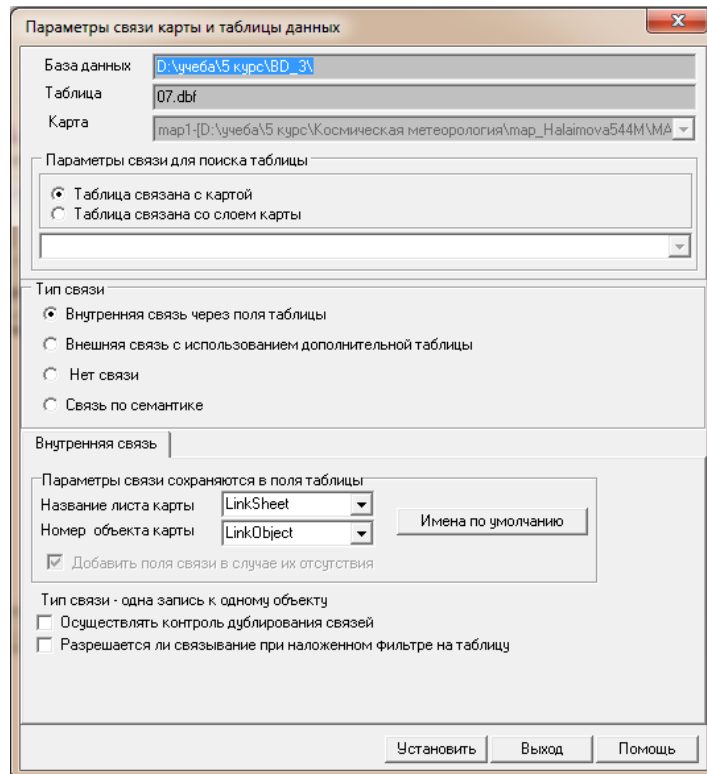


Рисунок 3.4 – Вікно параметрів зв'язку карти і таблиці даних

Для впевненості, що таблиці бази даних прив'язані до карти, необхідно так само провести автоматичне зв'язування об'єктів. У вікні таблиці бази даних на панелі завдань вибрати «Сервіс» і з меню, що випадає вибрати «Автоматичне зв'язування». Назва поля вибираємо «ІНДЕКС», а в назві семантики вибираємо «Код ВМО» (рис. 3.5, 3.6).

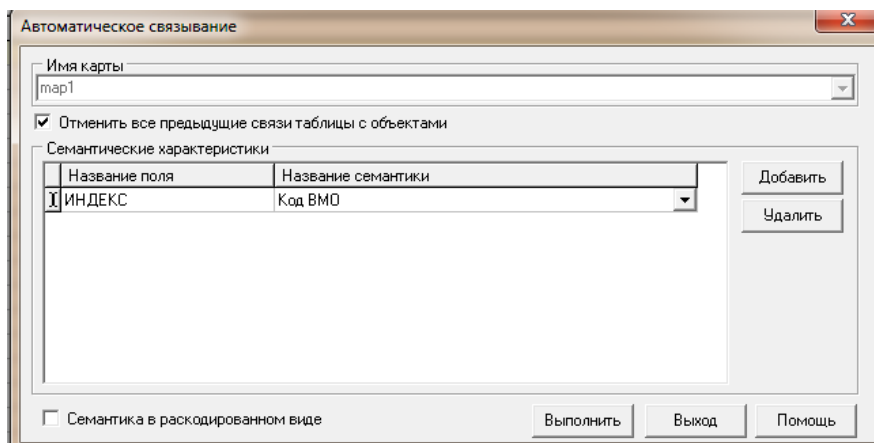


Рисунок 3.5 – Автоматичне зв'язування карти і бази даних по полю з таблиці Індекс і семантиці Код ВМО

T	TD	F	TE	PMIN	DP	PO	O	TMIN	R	LINKSHEET	LINKOBJE
27.2	17.2	54	40	1014.1		0	754	272	21.1	map1	61
31	17	43	43	1012			755	271		map1	58
31	19	49	47	1012			755	270			0
29.6	19	53	46	1013.8	1.1		757	271	26	map1	68
26.3	14.5	48	34	1016.7	1		749	272	21.2	map1	70
23.6	16.6	65	36	1014.7	0.4		741	271	18	map1	75
23.7	17.4	68	37	1014.8	0.2		748	273	18.3	map1	77
27	15.9	51	37	1015.8	0.6		755	273	22.6	map1	78
22.6	16.7	69	34	1016.9	0.8		747	274	16.3	map1	83
24.5	16.4	61	36	1014.3	0.3		733	267	20.9	0 map1	84
24.5	20.4	78	44	1013.6	0.6		750	272	19.5	map1	87
26.3	16	53	37	1015.7	0.6		743	270	22.3	map1	88
26.6	13.4	44	33	1016.3	1.1		749	272	21.5	map1	90
31.2	19.5	50	48	1013.4	0.6		756	269	25.2	map1	91
23.1	15.4	62	32	1017.3	0.6		753	276	13.7	map1	98
23.3	17.6	70	37	1014.2	0.7		740	271	21.6	0.7 map1	97
20.8	18.1	85	36	1015.5	0.6		738	272	18	0 map1	103

Рисунок 3.6 – Результатом зв'язування таблиці і карти є заповнені поля LinkSheet і LinkObjekt

3.3 Відновлення семантики об'єктів відповідно до даних таблиці

Оскільки до об'єктів були додані дані, після зв'язування карти з базою даних, необхідно створити семантики, які б відображали їх в характеристиках об'єкта. Для цього необхідно створити семантики для цікавлять нас даних: температура за 5, 6 і 7 серпня 2017 року, тиск, швидкість вітру, видимість. Відкриваємо редактор класифікатора, на вкладці «Семантика» створювати нові семантики. Додаємо назву і коротку назву (вони можуть збігатися), код і ключ (однакові), тип семантики, в нашому випадку «Числове значення» (рис. 3.7).

Після того як семантики були створені необхідно їх оновити, надаючи їм числові значення з бази даних. Відкриваємо таблиці з бази даних, на панелі інструментів вибираємо «Сервіс», з впадає меню вибираємо «Оновити семантику». У вікні Оновлення семантики вибираємо додати і по черзі вибираємо назву створеної раніше семантики і відповідне йому назву поля, потім натискаємо виконати (рис.3.8).

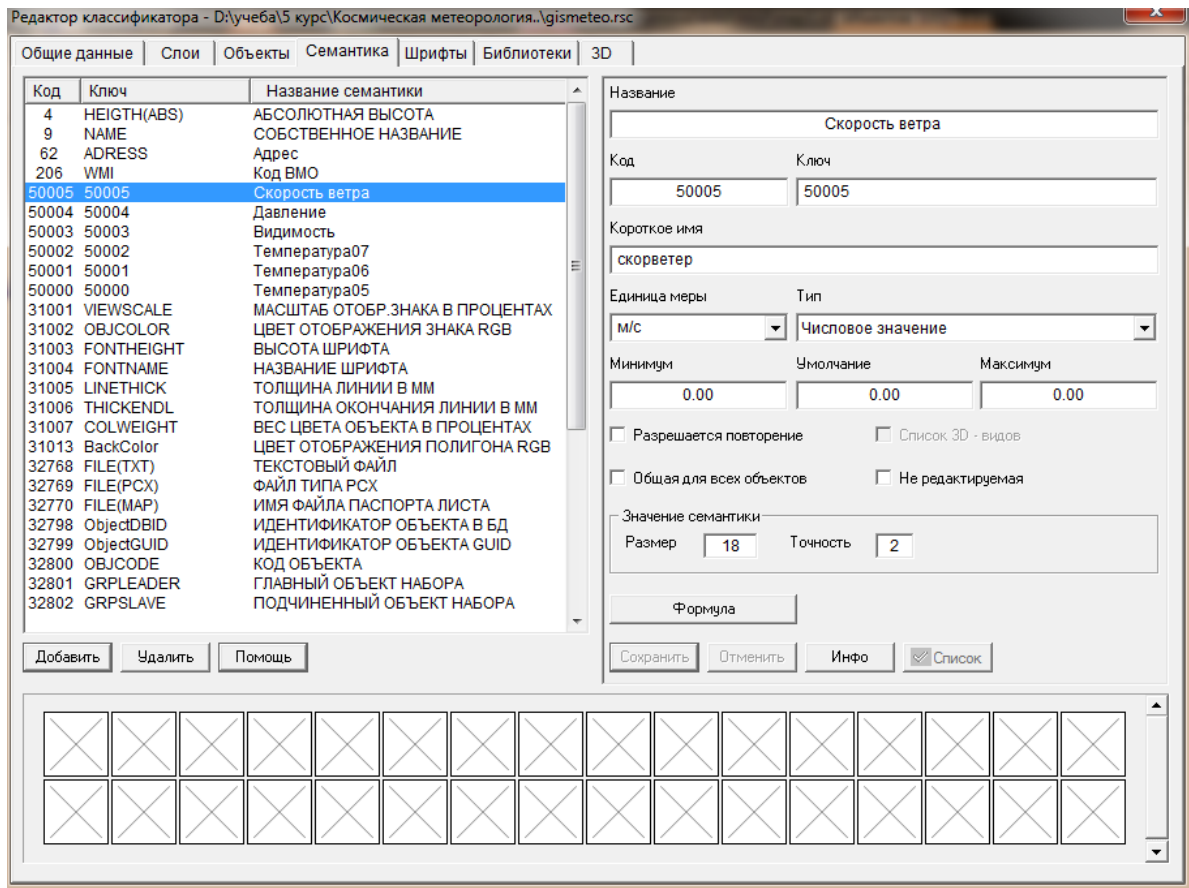


Рисунок 3.7 – Створення семантик

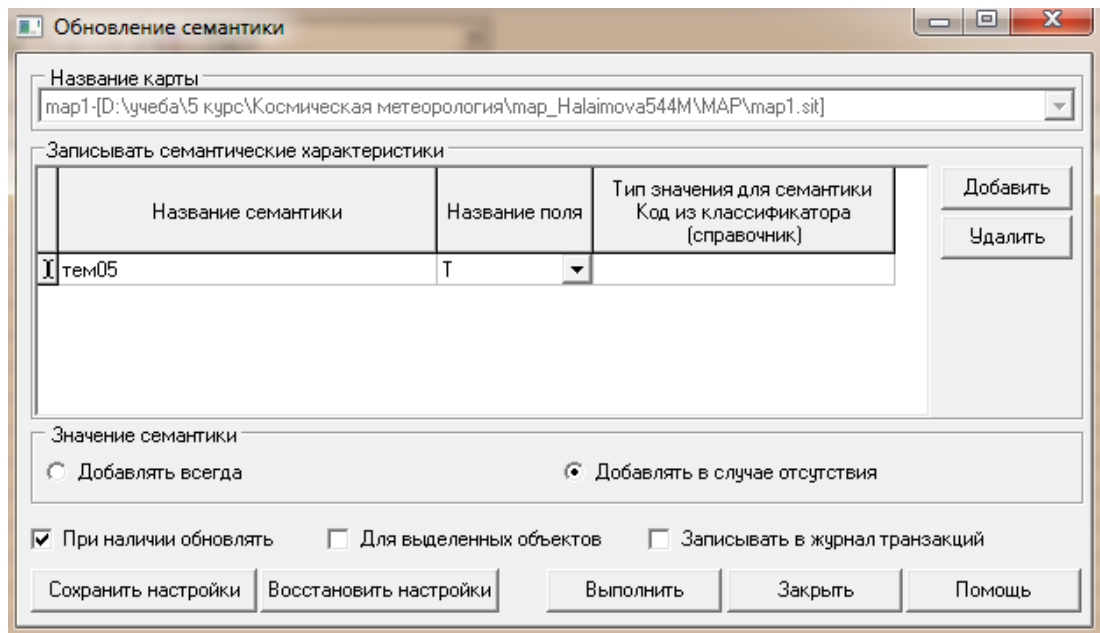


Рисунок 3.8 – Вікно відновлення семантики

Перевірити оновилася семантика, можна натиснувши на об'єкт. Семантика повинна висвітитися в характеристиках об'єкта (рис. 3.9).

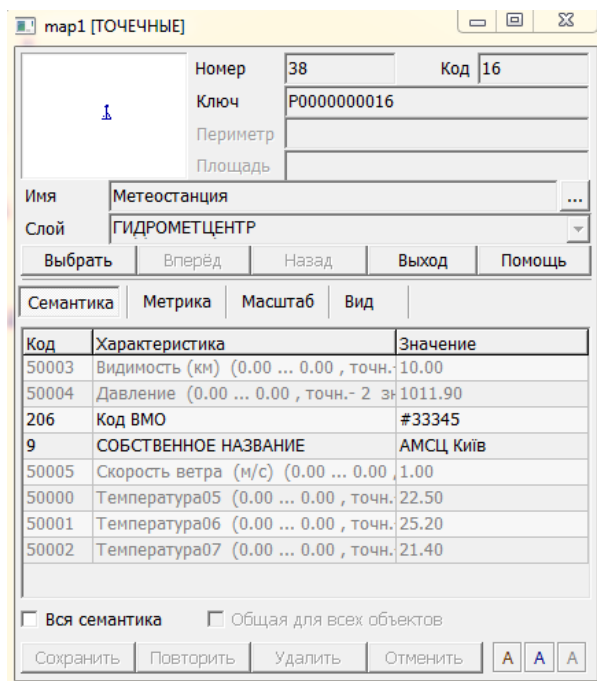


Рисунок 3.9 – Характеристики об'єкта з оновленими семантиками

3.4 Побудова карт погоди

Побудова прогнозних карт виконується на основі карти метеостанцій і прив'язаною до неї бази метеорологічних даних.

Першим кроком для побудови погодних карт необхідно створити ізолінії тонкі і потовщеними, які гратимуть ключову роль в побудову ізоліній. Для цього заходимо в редактор класифікатора і вибираємо вкладку «Об'єкти», натискаємо «Створити об'єкт» (значок у вигляді олівця). Створюємо ізолінії для цікавлять нас семантик, за якими будуть будуватися погодні карти (рис.3.10).

Після створення ізоліній можна будувати погодні карти, для цього вибираємо на панелі завдань «Запуск додатків» (у вигляді блискавки), «Автоматичне створення об'єктів» і вибираємо «Побудова ізоліній по точкових об'єктів». У відкритому вікні «Побудова ізоліній по точкових об'єктів» вибираємо семантику, по якій буде будуватися карта. Вказуємо крок ізолінії, ніж крок менше тим більше ізоліній і тим густіше вони будуть розташовані на карті. Вказуємо які лінії будуть потовщеними, а які основними, вибираючи ізолінії з раніше створених об'єктів і натискаємо Виконати (рис. 3.11, 3.12).

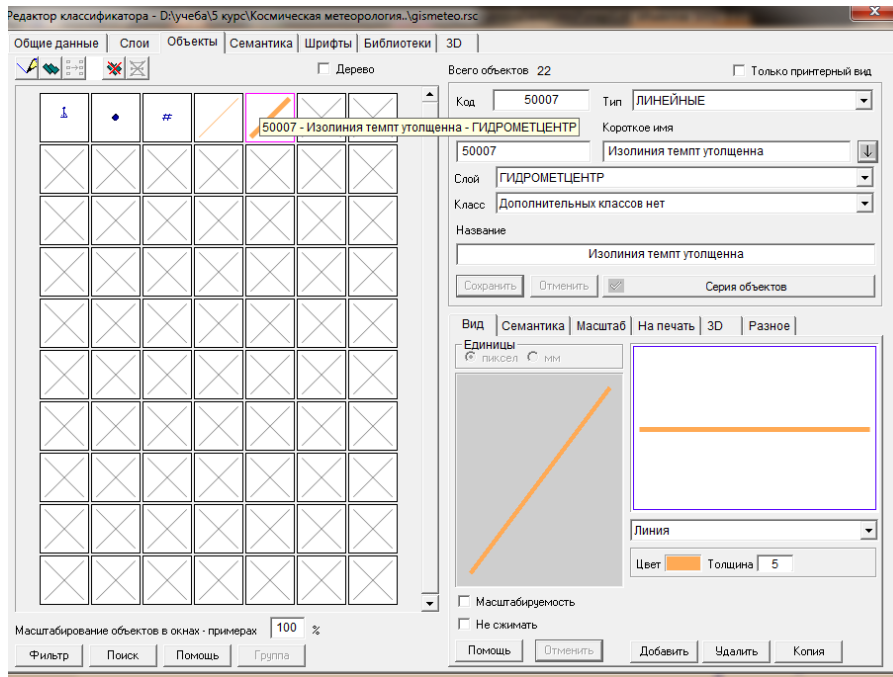


Рисунок 3.10 – Створення ізоліній

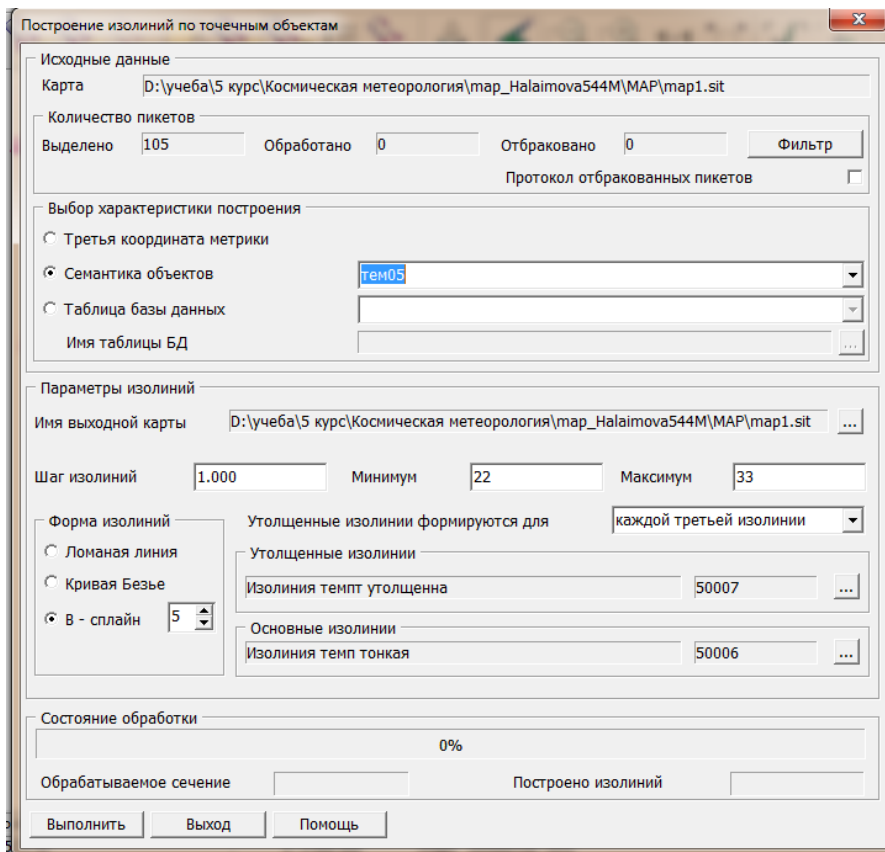


Рисунок 3.11 – Установка параметров изолиний для побудови карти

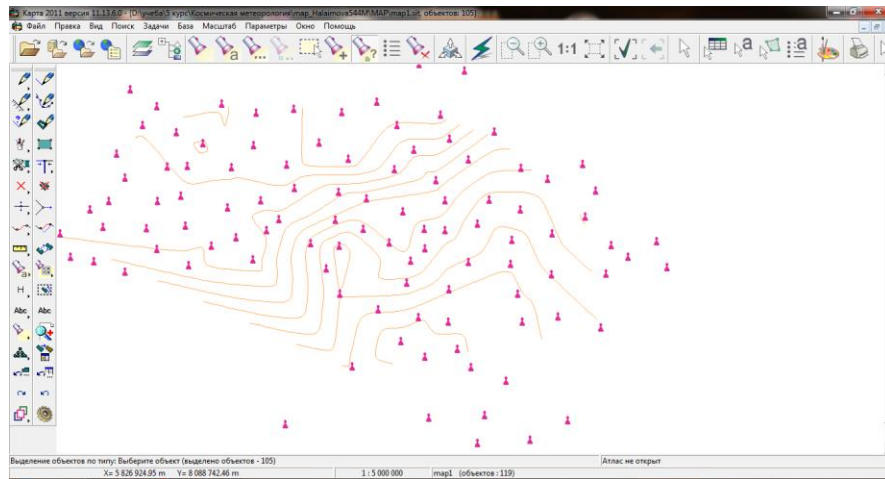
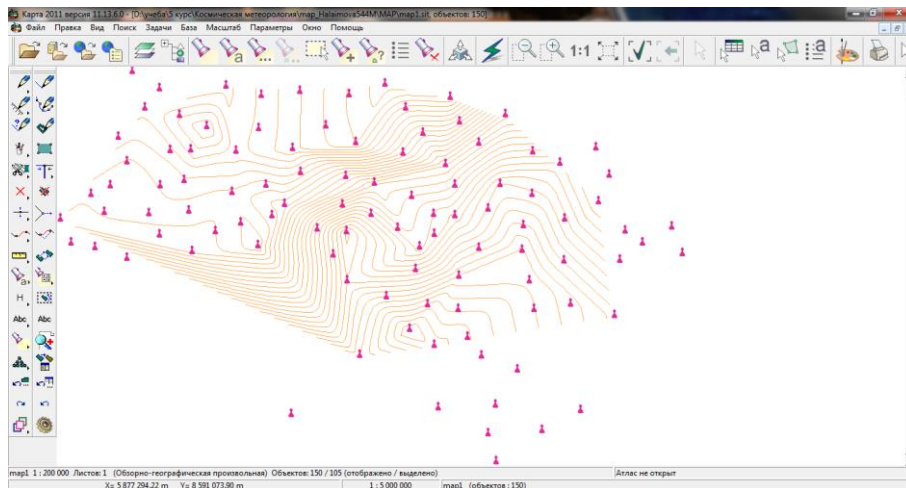
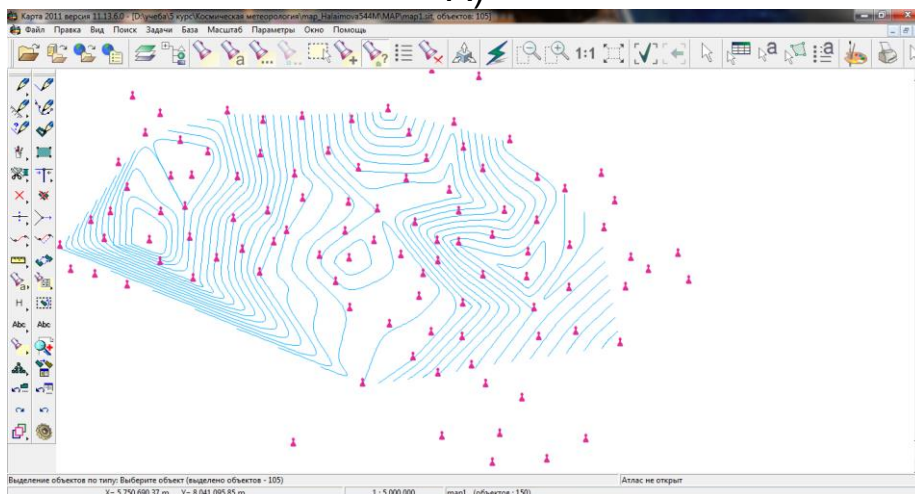


Рисунок 3.12 – Результат побудови погодні карти

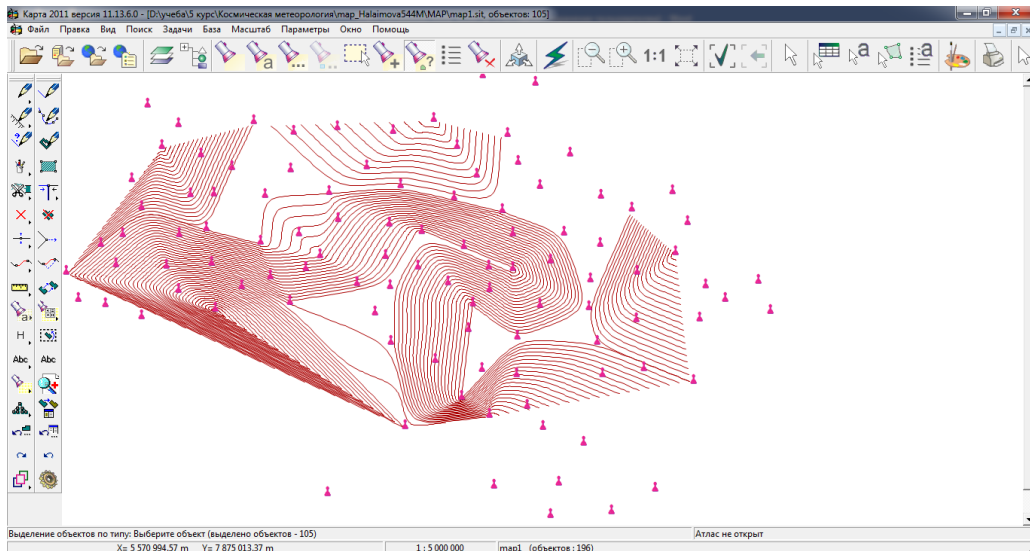
Були побудовані п'ять карт по семантиці: температура за 5, 6 і 7 серпня 2017 року, тиск, швидкість вітру, видимість (рис.3.13).



А)



Б)



В)

Рисунок 3.13 – Погодні карти: А) Карти температур за 05.08.2017; Б) Карта розподілу тиску; В) Карта видимості

Для побудови матриці якостей на панелі завдань вибираємо «Файл», «Створити» і «Матриця якостей». Вказуємо у вікні «Створення матриці» семантику, по якій буде будуватися матриця і вибираємо палітру (рис. 3.14).

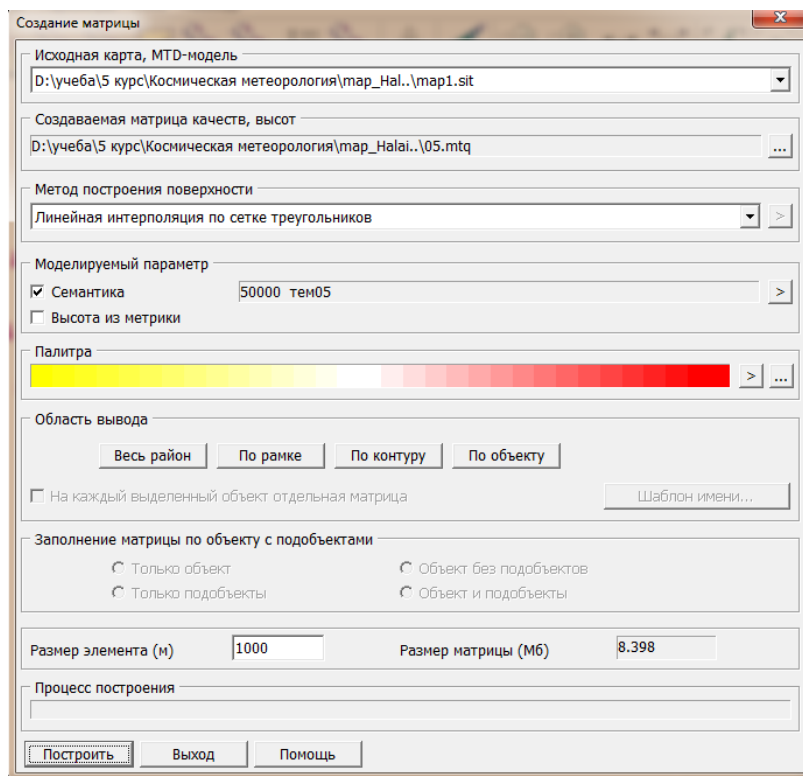
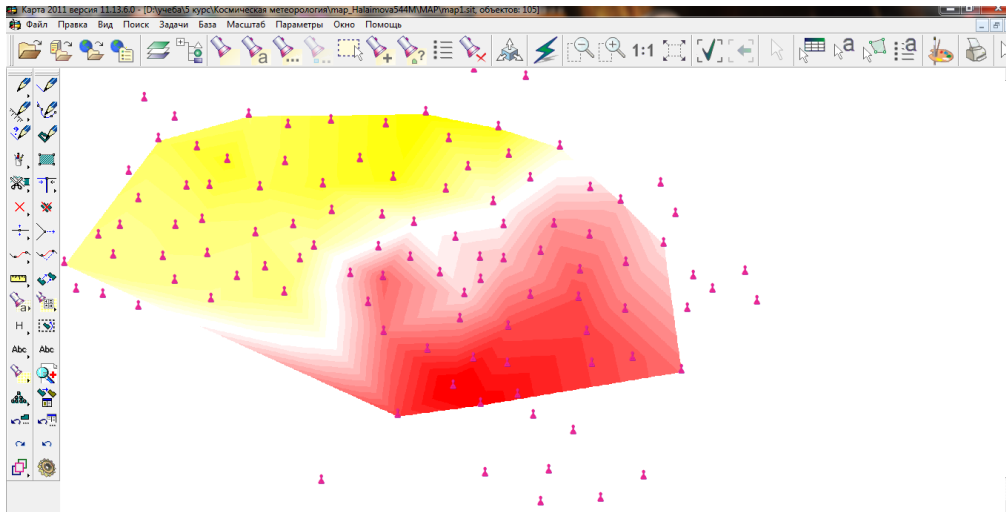
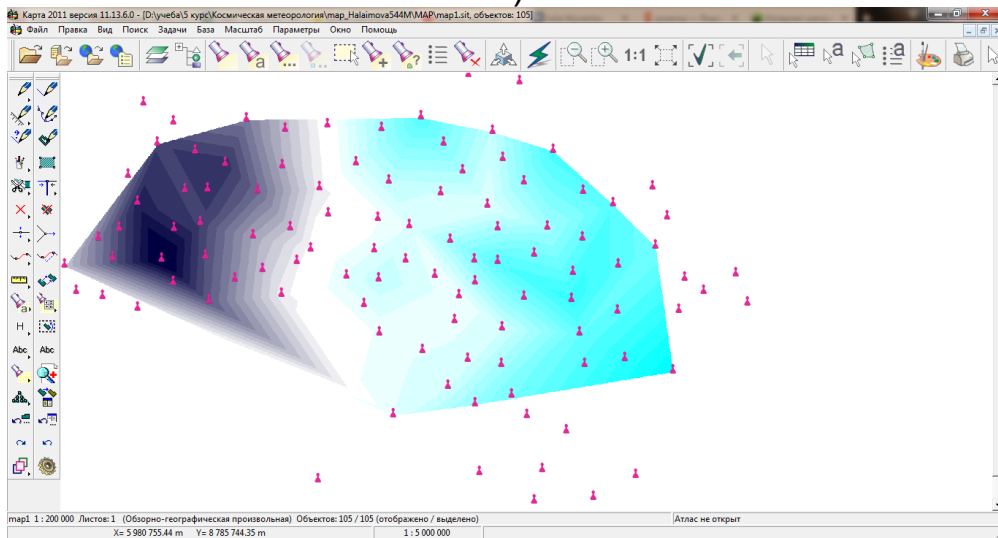


Рисунок 3.14 – Створення матриці якостей

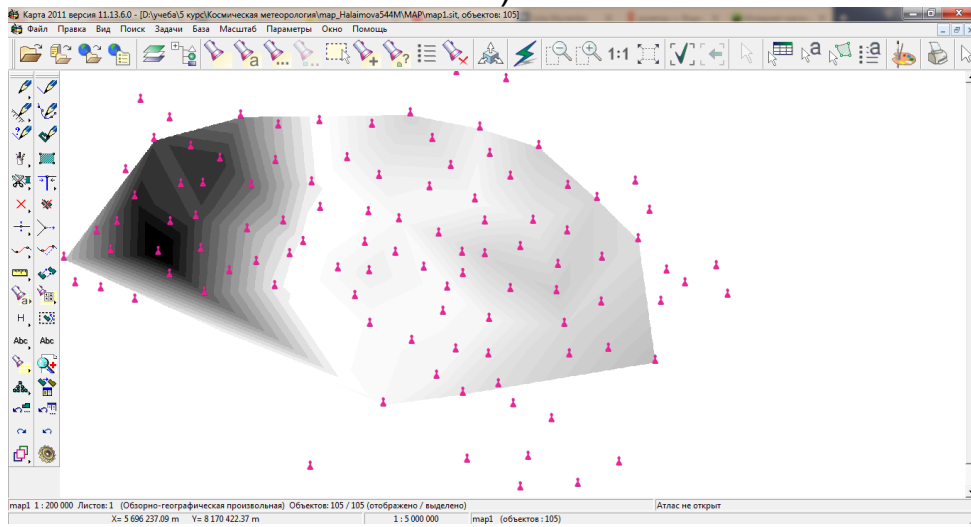
Було побудованої шість матриць якостей по семантиці: температура за 5, 6 і 7 серпня 2017 року, тиск, швидкість вітру, видимість (рис.3.15).



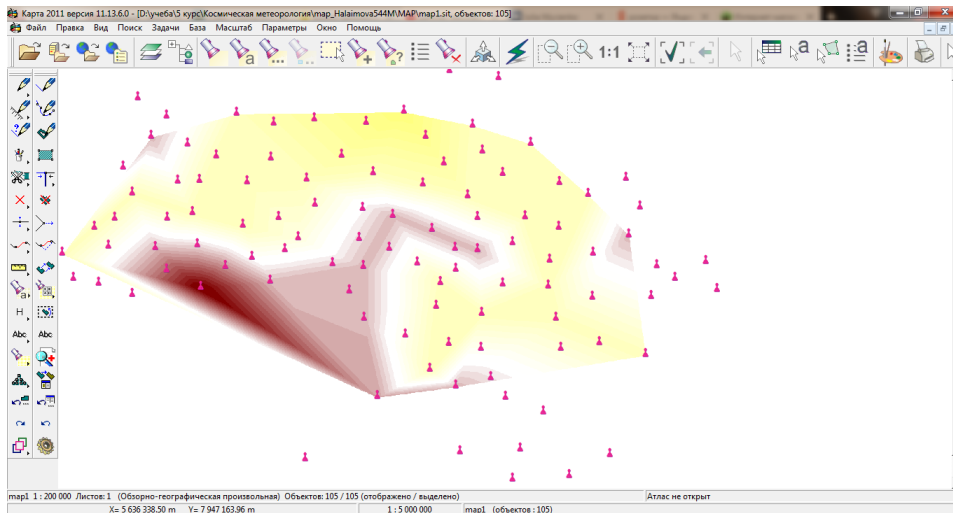
A)



Б)



В)



Г)

Рисунок 3.15 – Матриці якостей: А) Матриця якостей температури 05.08.2017; Б) Матриця якостей тиску; В) Матриця якостей по швидкості вітру; Г) Матриця якостей по видимості

4 ДЕШИФРУВАННЯ ЗНІМКІВ ХМАРНІСТІ В ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ ENVI

Дешифрування - вивчення по аерознімків і космічним зображенням територій, засноване на залежності між властивостями дешифруємих об'єктів і характером їх відтворення на знімках.

Завданням дешифрування є отримання певного обсягу якісної і кількісної інформації за даними дистанційного зондування, про стан, склад, структуру, розміри, взаємозв'язках і динаміці процесів, явищ і об'єктів за допомогою дешифровочних ознак.

Розрізняють візуальне, інструментальне і автоматичне дешифрування. За змістом дешифрування може бути загальногеографічні (топографічним), тематичними (наприклад, геологічним, геоботанічних, ґрунтовим) і спеціальним (меліоративних, лісовпорядним і т. П.).

Програмна система ENVI (the ENvironment for Visualizing Images - середовище візуалізації зображень) - враховує численні і специфічні потреби користувачів супутникових даних. ENVI забезпечує всебічну візуалізацію даних і аналіз зображень будь-якого розміру і будь-якого типу в середовищі гнучкою і зручною у використанні програмної системи.

ENVI реалізує наступні основні групи функцій роботи з зображеннями:

- базові технологічні операції обробки зображень (введення-виведення, редагування, обчислення та перегляду статистик, і ін.);
- функції корекції геометричних і радіометричних спотворень відомих супутникових систем;
- загальні технології поліпшення зображень;

- технології спектрального (гіперспектральних) аналізу даних;
- функції інтерактивного дешифрування і класифікації;
- технології просторової прив'язки, зшивання зображень;
- обробку даних в радіодіапазоні;
- функції векторного відображення і топографічного аналізу даних;
- забезпечення великого набору картографічних проекцій;
- функції підготовки тематичних карт;
- підтримка великого числа растрових і векторних форматів даних.

Інтерактивне дешифрування зображень і побудова тематичних класів забезпечується наявністю в пакеті відомих технологій класифікації:

- контрольованої (двійкове кодування, параллелепіпедний класифікатор, який часто називають багаторівневим, класифікатори спектрального відстані (відстані Махаланобіса, найменшого відстані), класифікатор найбільшого подібності);

- неконтрольованої (алгоритми Isodata, K-means), включаючи функції оцінки точності, статистику розделимости класів, побудова навчальних вибірок, посткласифікаційні операції.

4.1 Характеристики космічного знімка

Для роботи п програмному продукті ENVI були взяті знімки системи MODIS на 23 вересня 2017 року на момент часу 9:59. Розширення знімка *.jpg.

Призначення системи MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer - скануючий спектро радіометр середнього дозволу) полягає в зборі даних для каліброваних глобальних інтерактивних моделей Землі як єдиної системи. У майбутньому ці моделі повинні прогнозувати глобальні зміни з точністю, достатньою для прийняття розумних рішень по захисту навколишнього середовища. Дані MODIS по всій поверхні Землі надходять з супутника Terra кожні 2 дні в 36 спектральних зонах (в діапазоні 0.405-14.385 мкм) з дозволом 250-1000 м, що забезпечує моделювання в глобальному і регіональному масштабі. Система MODIS буде також розміщена на супутнику Aqua, що подвоїть кількість даних, що надходять. Матеріали зйомки MODIS мають широкий спектр застосування для дослідження атмосфери, океану і суші.

MODIS дозволяє вивчати багато характеристик хмарного покриву: потужність і тип хмарності, висоту і температуру верхньої межі, розміри і стан (вода, лід, сніг) частинок, що складають хмари. Наприклад, контури хмарного покриву отримують за матеріалами зйомки в зонах 1 і 2 системи (дозвіл 250 м, довжини хвиль 0.620-0.670 і 0.841-0.876 мкм відповідно; розраховані на зйомку вдень), а також і в інших зонах (роздільна здатність 1000 м; зйомка вдень і вночі).

Для завантаження знімка в середу ENVI необхідно в головному меню вибрати File - Open Image File. За тим створити дисплей і натиснути Load Band. Зображення за умовчанням виведе в 3 вікнах (рис.4.1).

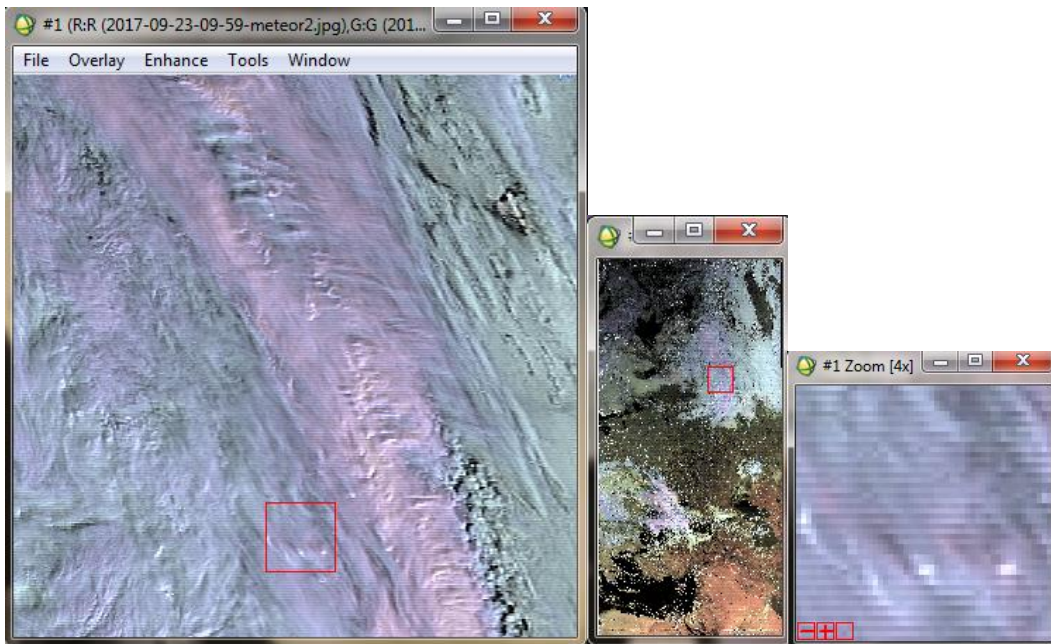


Рисунок 4.1 – Вивід зображення в середовищі ENVI

4.2 Неконтрольована класифікація

Автономна класифікація являє собою автоматичний метод знаходження класів даних. Класифікація без навчання має на увазі розподіл пікселів по класам без завдання еталонів. Процес класифікації заснований на дослідженні статистичних особливостей розподілу значень яскравості пікселів зображення.

Перед початком такої класифікації користувач може задати деякі параметри: мінімальна і максимальна кількість класів, параметри, що визначають тривалість процесу класифікації.

4.2.1 Класифікація знімка з мінімальною кількістю класів

Для проведення класифікації без навчання з мінімальною кількістю класів необхідно в основному меню вибрати «Classification - Unsurvised - IsoData». Далі вказати обраний знімок для класифікації, після чого з'явиться вікно параметрів класифікації (ISODATA Params). Кількість класів вибрано від 5 до 10, кількість ітерацій вибрано 10. Далі натиснули Ок (рис. 4.2).

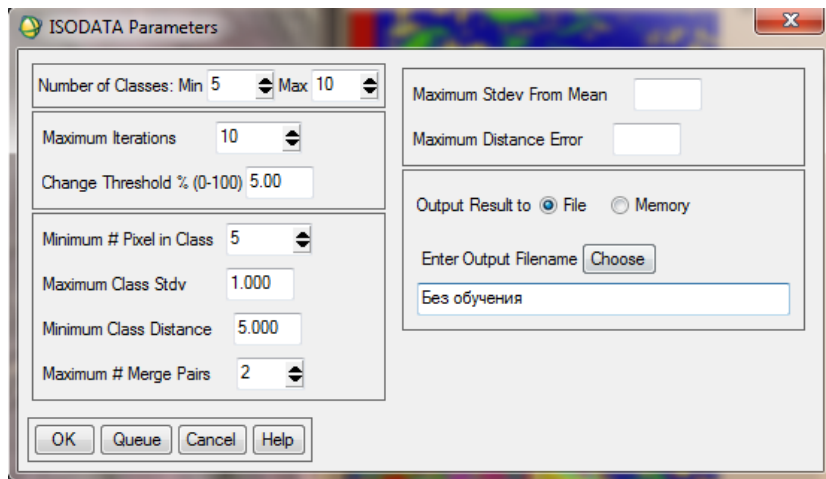


Рисунок 4.2 – Вікно параметрів класифікації

Після закінчення 10 ітерації виводимо зображення, щ було класифіковано, на новий дисплей і аналізуємо які саме класи відображають хмарність (рис.4.3).

Необхідно перевизначення кольору і назви класів, для цього необхідно вибрати меню «Tools – Color Mapping – Class Color Mapping» (рис.4.4).

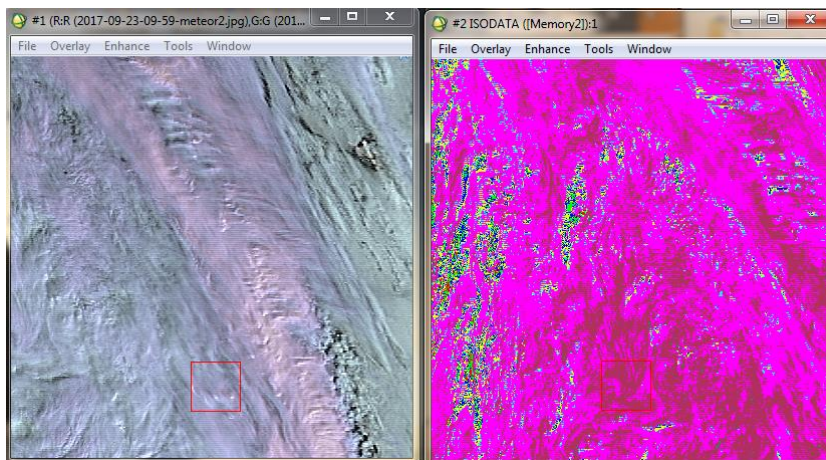


Рисунок 4.3 – Визначення класів хмарності відповідно до вихідним знімком

Для об'єднання класів хмарності необхідно в основному меню вибрати «Classification - Post Classification - Combine Classes». У вікні параметрів класів необхідно встановити параметри об'єднуються класів. У списку Select Output Class вибираємо клас, який буде об'єднаний з іншим класом і списку Select Input Class відповідно, а потім натиснути Add Combination. Об'єднавши класи хмарності відповідно, а класи які не належать до хмарності об'єднуються з класом Unclassified (рис. 4.5).

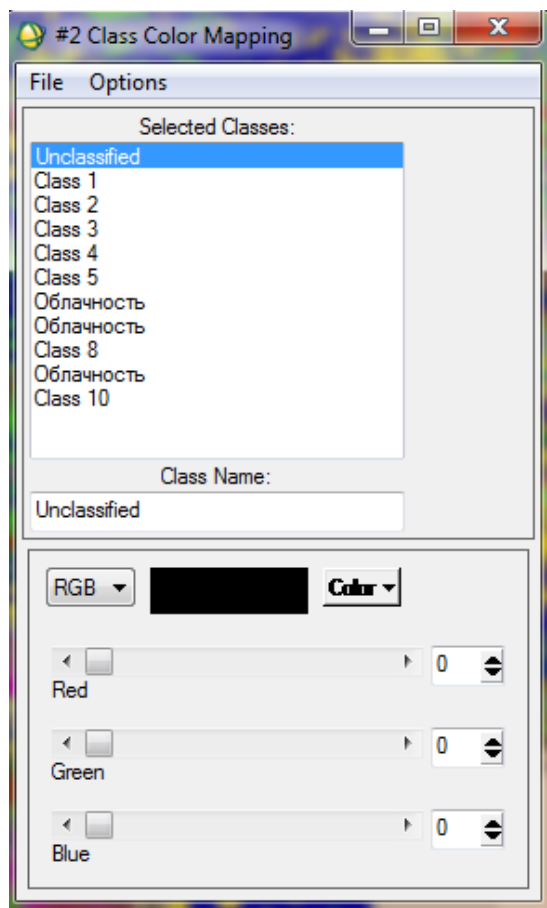


Рисунок 4.4 – Визначення кольору і класу

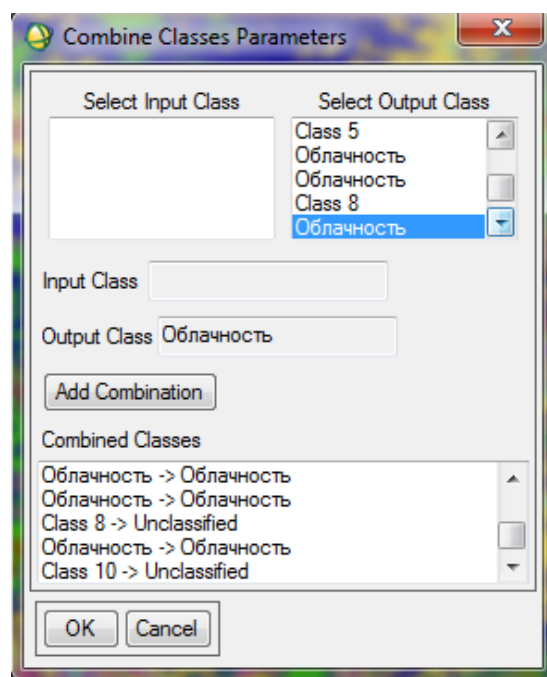


Рисунок 4.5 – Вікно параметрів об'єднання класів

В результаті об'єднання отримаємо зображенні представлене на рис. 4.6.

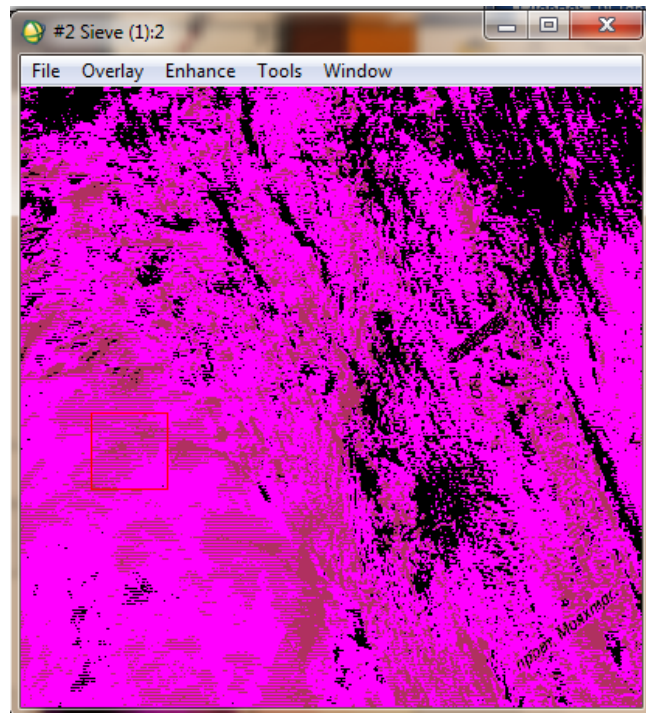


Рисунок 4.6 – Зображення класифікації після об'єднання класів

Крім створеного класу на досліджуваній території присутні інші об'єкти. Їх необхідно відсіяти. В основному меню виберіть «Classification - Postclassification - Sieve Classes» (рис.4.7).

В результаті відсіювання отримаємо результуюче зображення яке відображає тільки клас хмарності в певний період (рис.4.8).

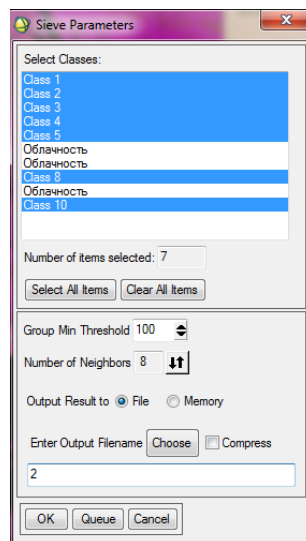


Рисунок 4.7 – Вікно параметрів відсіювання

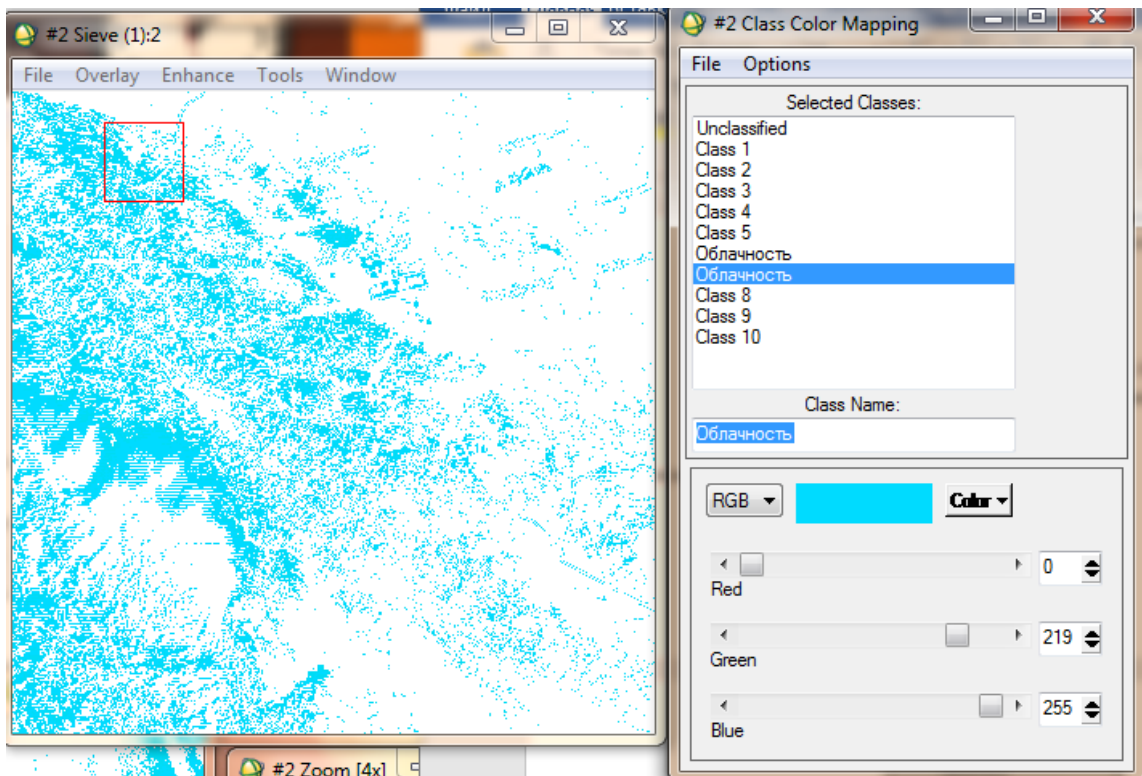


Рисунок 4.8 – Зображення об'єкта хмарності після відсіювання

4.2.2 Класифікація знімка з максимальною кількістю класів

Для проведення класифікації без навчання з максимальною кількістю класів використовуємо той же алгоритм, що і для класифікації знімка з мінімальною кількістю класів. Необхідно в основному меню вибрати «Classification - Unsupervised - IsoData». Далі вказати обраний знімок для класифікації, після чого з'явиться вікно параметрів класифікації (ISODATA Parameters). Кількість класів вибрано від 50 до 100, кількість ітерацій вибрано 5. Далі натиснули Ок.

Після закінчення 5 ітерації виводимо откласифіціровані зображення на новий дисплей і аналізуємо які саме класи відображають хмарність (рис.4.9).

Необхідно перевизначити кольору і назви класів, для цього необхідно вибрати меню «Tools – Color Mapping – Class Color Mapping» (рис.4.10).

Для об'єднання класів хмарності необхідно в основному меню вибрати «Classification - Post Classification - Combine Classes». У вікні параметрів класів необхідно встановити параметри об'єднуються класів. У списку Select Output Class вибираємо клас, який буде об'єднаний з іншим класом і списку Select Input Class відповідно, а потім натиснути Add Combination. Об'єднавши класи хмарності відповідно, а класи які не належать до хмарності об'єднуються з класом Unclassified (рис.4.11).

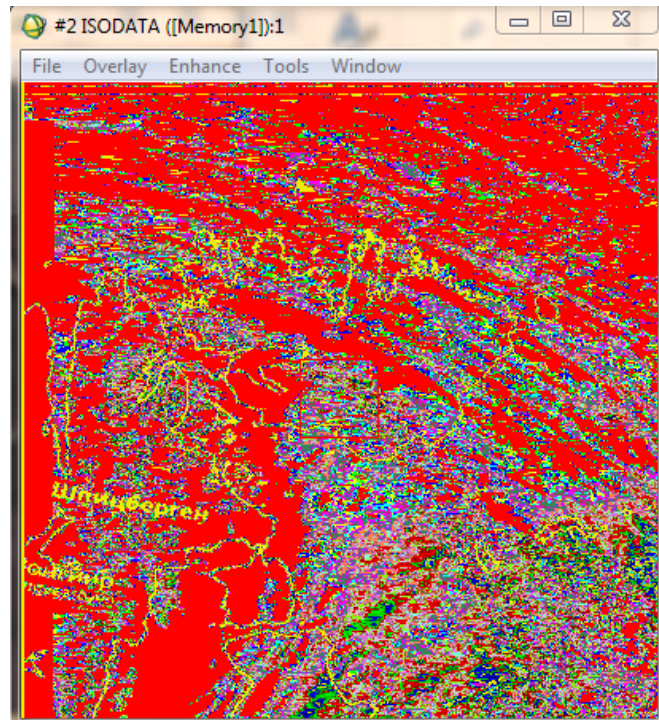


Рисунок 4.9 – Зображення класифікації

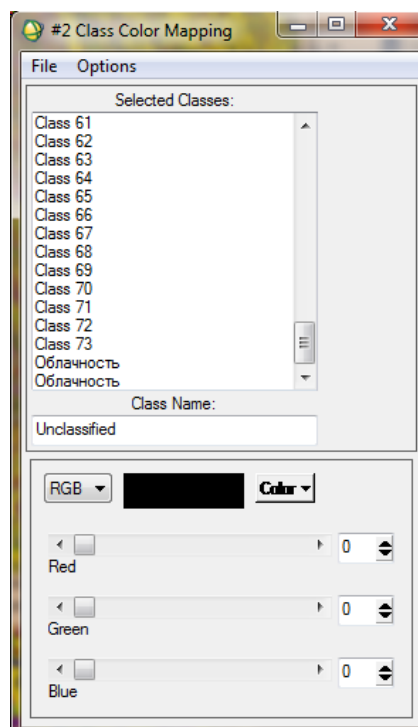


Рисунок 4.10 – Визначення кольору і класу

В результаті об'єднання отримаємо зображення, представлене на рис. 4.12.

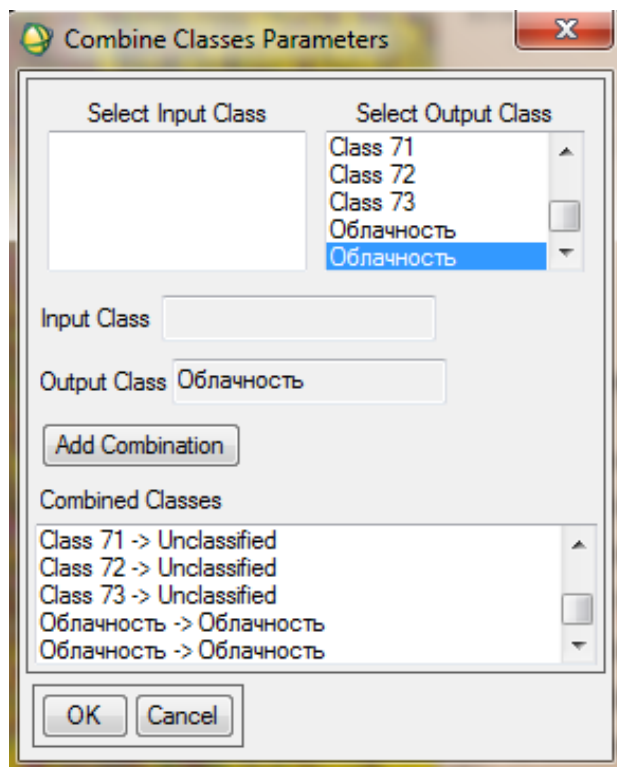


Рисунок 4.11 – Вікно параметрів об'єднання класів

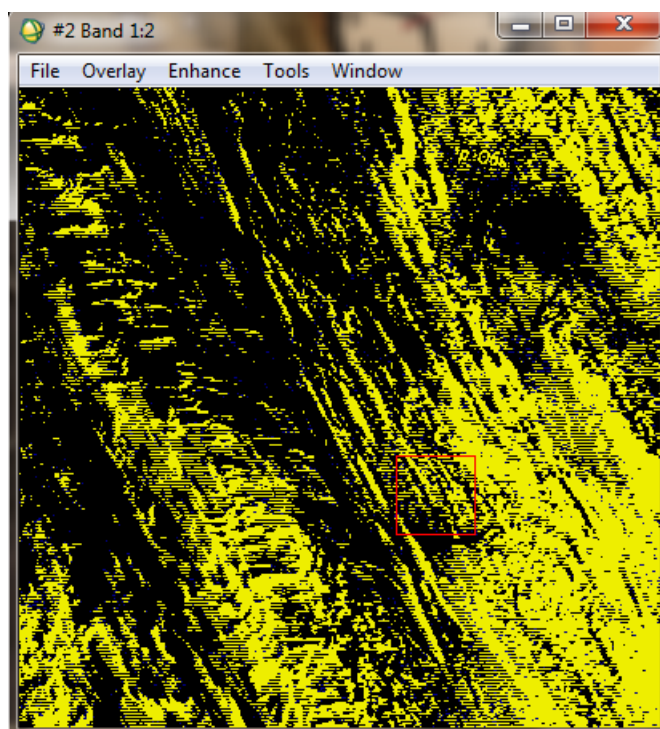


Рисунок 4.12 – Зображення класифікації після об'єднання класів

Крім створеного класу на досліджуваній території присутні інші об'єкти. Їх необхідно відсіяти. В основному меню виберіть «Classification - Postclassification - Sieve Classes».

В результаті відсіювання отримаємо результуюче зображення яке відображає тільки клас хмарності в певний період (рис.4.13).

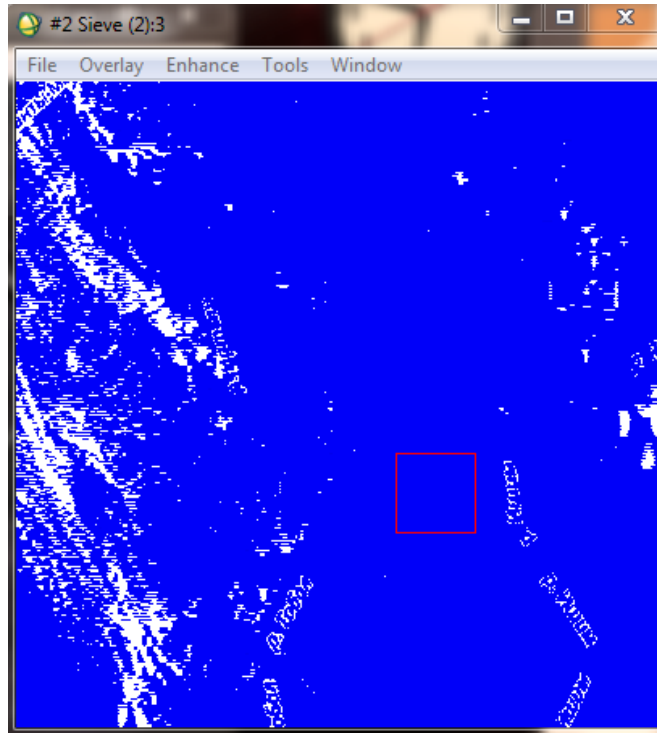


Рисунок 4.13 – Зображення об'єкта хмарності після відсіювання

4.3 Класифікація з навчанням

Навчання - це інтерактивне завдання еталонних значень спектральної яскравості (сигнатур), кількість еталонів дорівнює кількості шуканих об'єктів на знімку. У процесі класифікації значення яскравості поточного пікселя порівнюється з еталонами і піксель відноситься в найбільш підходящий клас об'єктів.

Еталони створюються користувачем шляхом розпізнавання характерних об'єктів безпосередньо на зображенні або з використанням додаткової інформації, джерелами якої можуть служити інші зображення, польові дані, карти різних видів і т.д.

Для проведення класифікації з навчання відкриваємо 2 знімки за 23 вересня 2017 року і 21 жовтня 2017 року. Для кожного знімка визначаємо області хмарності (рис. 4.14).

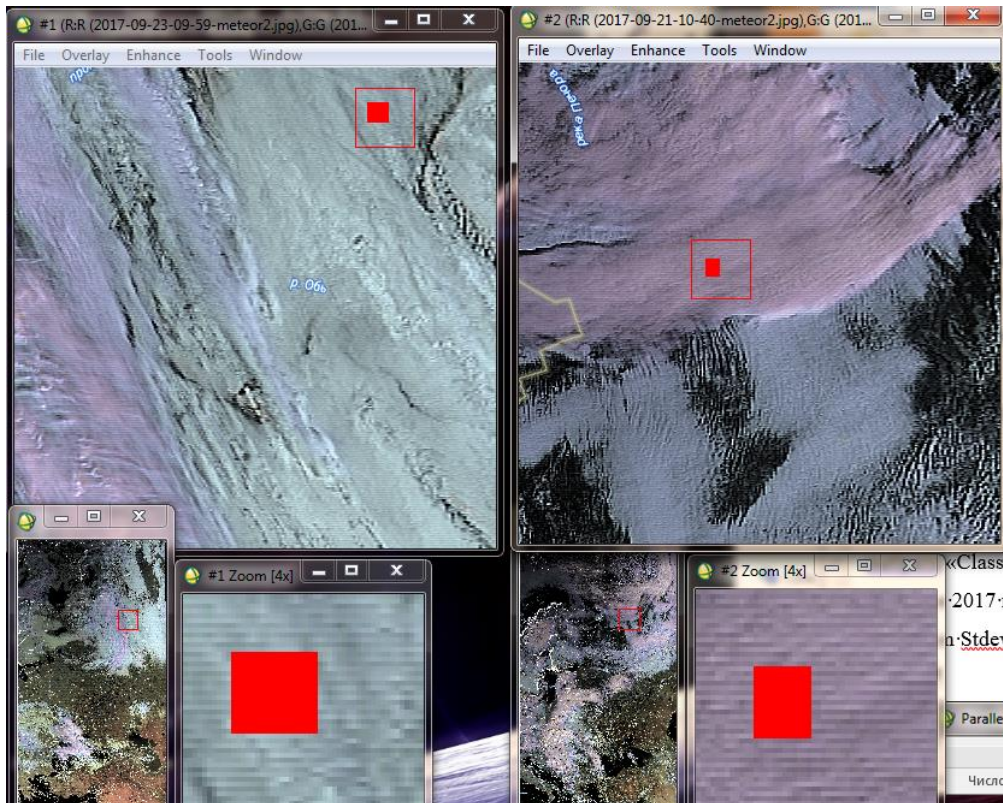


Рисунок 4.14 – Виділення області обробки для класифікації з навчанням

Для того щоб провести класифікацію необхідно в основному меню вибрати «Classification - Supervised - Parallelepiped» вказуємо знімок за 23 вересня 2017 року. У вікні параметрів класифікатора для значення Maximum Stdev from mean встановлюємо значення 4 (рис. 4.15). Результат класифікації представлений на рис.4.16.

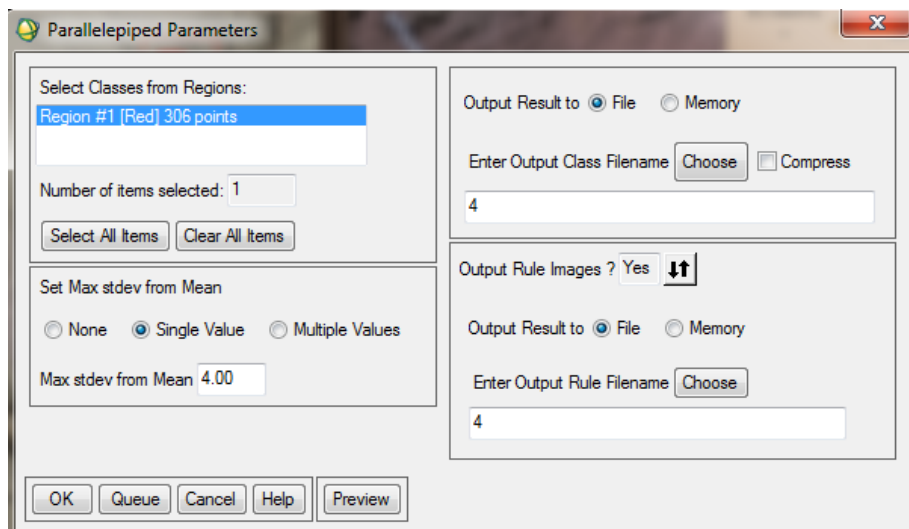


Рисунок 4.15 – Вікно параметрів класифікації паралелепіпеда

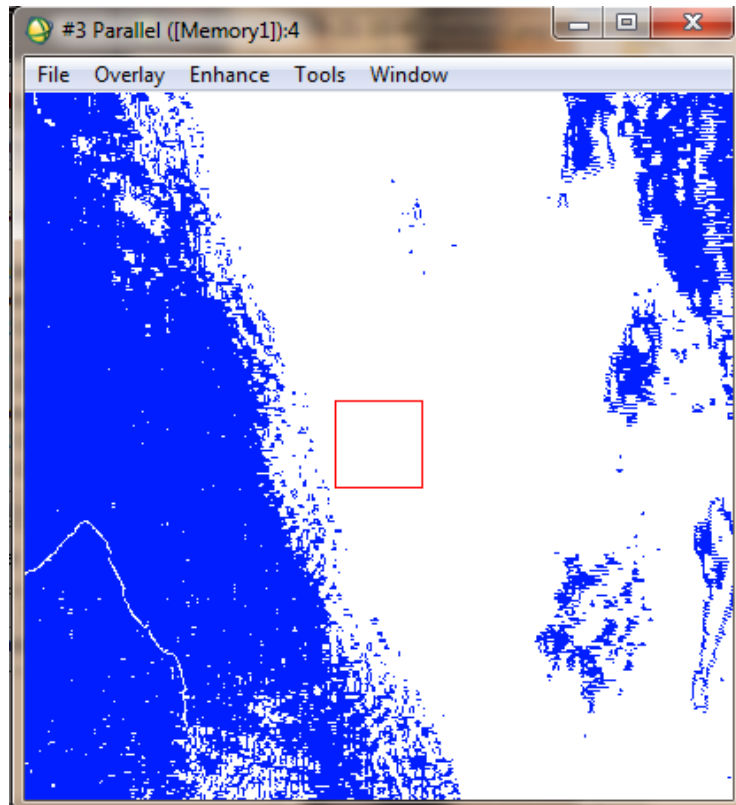


Рисунок 4.16 – Зображення після класифікації з навчанням

5 АТМОСФЕРНІ ФРОНТИ

Нерівномірне нагрівання земної поверхні і нижніх шарів атмосфери є причиною виникнення горизонтальних градієнтів температури. Особливо великі горизонтальні градієнти температури повітря створюються між високими і низькими широтами. Внаслідок горизонтального переносу теплі і холодні повітряні маси можуть зближуватися один з одним або, навпаки, віддалятися один від одного.

При зближенні повітряних мас, що мають різні характеристики, в зоні між ними збільшуються горизонтальні градієнти температури повітря, вологості, тиску, зростає швидкість вітру. Навпаки, при видаленні повітряних мас один від одного градієнти метеорологічних величин і швидкості вітру зменшуються.

Перехідні зони в тропосфері, в яких відбувається зближення повітряних мас з різними характеристиками, називаються фронтальними зонами або фронтальними поверхнями.

Фронтальні зони характеризуються значними змінами температури повітря, вологості, напрямків вітру уздовж горизонтальної поверхні, як на рівні Землі, так і вище.

Проекція фронтальної поверхні на приземну синоптичну карту називається атмосферним фронтом, на карти баричної топографії – висотною фронтальною зоною (ВФЗ).

У відповідності до класифікації за особливостями переміщення, вертикальної будови і умов погоди атмосферні фронти поділяються на теплі, холодні, малорухливі, фронти оклюзії (останні відносяться до складних фронтів і можуть бути теплими, холодними і нейтральними).

- Теплими називаються фронти, що переміщаються в бік більш холодного повітря. За теплим фронтом переміщається тепла повітряна маса.

- Холодними називаються фронти, що переміщаються в бік більш теплою повітряної маси. За холодним фронтом рухається холодна повітряна маса.

Таке переміщення фронтів визначається умовами атмосферної циркуляції - в разі теплового фронту нормальна до лінії фронту складова вектора вітру спрямована в холодній масі від лінії фронту, в теплій - до лінії фронту. У разі холодного фронту співвідношення зворотне.

У 20-х роках норвезькі метеорологи запропонували розподіл атмосферних фронтів на поверхні висхідного (анафронти) і низхідного (катафронти) ковзання теплового повітря. До анафронтів відносять всі теплі фронти і ті холодні фронти, які повільно зміщуються, до катафронтів - холодні фронти, які швидко зміщуються.

Фронти разом з повітряними масами переміщуються зі швидкістю 30-35 км/год. За добу вони можуть пройти 600-800 км. При певних умовах атмосферні фронти можуть тривалий час залишатися на місці. Якщо від терміну до терміну фронт практично не переміщається, то його називають малорухливим (квазістаціонарним).

При зміні циркуляційних умов може змінитися напрямок переміщення фронту (знак фронту): ділянка теплового фронту може перетворитися в ділянку холодного фронту і навпаки.

Також можуть почати зміщуватися і ділянки малорухливого фронту. Залежно від напрямку зсуву по відношенню до теплої або холодної повітряної маси відповідним буде і знак фронту.

- Фронти оклюзії. Оскільки ділянки теплового і холодного фронтів є сусідніми ділянками одного і того ж основного фронту, то освіту цих ділянок призводить до деформації основного фронту, перетворенню баричного поля і виникнення циклону, в центрі якого відбувається зміна знака фронту.

У міру свого руху холодний фронт починає наздоганяти теплий, який переміщається повільніше, ніж холодний. Починається їх змикання - процес витіснення теплового повітря в циклоні з утворенням складного фронту оклюзії, що поєднує в собі ознаки як теплового, так і холодного фронтів. Фронти оклюзії не належать до основних (динамічно значущим) фронтах і простежуються до рівня АТ850. фронти оклюзії можуть бути теплими, холодними і нейтральними (коли температури повітря по обидві сторони від фронту практично однакові). У будь-якому випадку, по обидва боки фронту оклюзії розташовуються повітряні маси, ближчі за своїми

властивостями, ніж повітряні маси, що розділяються холодними або теплими фронтами. Тому фронти оклюзії відносять до вторинних фронтів. Їх горизонтальна протяжність не виходить за межі одного циклону. Нерідко на фронтах оклюзії розвиваються нові циклони.

Фронти будь-якого типу можуть бути різко вираженими (загостреними) або слабо вираженими (розмитими). Процеси утворення і загострення фронтів називаються фронтогенезом, процеси розмивання - фронтолізом.

5.1 Теплий фронт

Теплий фронт має антициклонічну кривизну і рухається в бік холодного повітря. На карті погоди теплий фронт відзначається червоним кольором або зачёрненими полукружками, спрямованими в бік переміщення фронту (рис. 5.1). У міру наближення лінії теплового фронту починає падати тиск, ущільнюються хмари, випадають обложні опади. Взимку при проходженні фронту зазвичай з'являються низькі шаруваті хмари.



Рисунок 5.1 – Теплий фронт на приземній карті погоди

Температура і вологість повітря повільно підвищуються. При проходженні фронту температура і вологість зазвичай швидко зростають, вітер посилюється. Після проходження фронту напрямок вітру змінюється (вітер повертає за годинниковою стрілкою), швидкість його зменшується, падіння тиску припиняється і починається його слабке зростання, хмари розсіюються, опади припиняються.

Поле барических тенденцій представлено в такий спосіб: перед теплим фронтом розташовується замкнута область падіння тиску, за фронтом - або зростання тиску, або відносно зростання (падіння, але менше, ніж перед фронтом).

У разі теплового фронту тепле повітря, переміщаючись в бік холодного, намагається протиснутися під холодний повітря і робить висхідне ковзання уздовж цього клина і динамічно охолоджується (рис. 5.2).

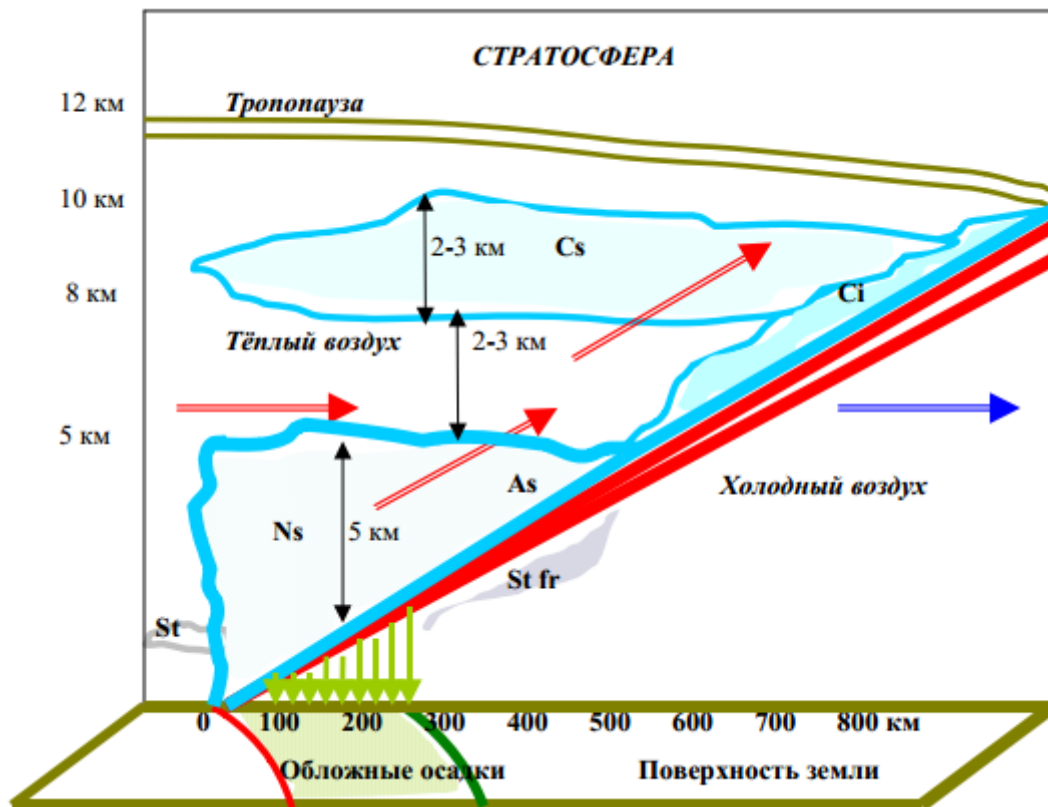


Рисунок 5.2 – Схема теплового фронту в вертикальному розрізі

На деякій висоті, яка визначається початковим станом висхідного повітря, досягається насичення - це рівень конденсації. Вище цього рівня в висхідному повітрі відбувається облакоутворення.

Основа хмар виявляється похилим, збігаючись з похилою фронтальною поверхнею. Механізм виникнення хмарної системи теплового фронту аналогічний механізму виникнення орографічних хмар (типу Lenticularis) - роль перешкоди виконує клин холодного повітря.

Адіабатичне охолодження теплового повітря, що ковзає уздовж клину холодного, посилюється розвитком висхідних рухів від нестационарності при динамічному падінні тиску і від збіжності вітру в нижньому шарі атмосфери.

Охолодження теплового повітря при висхідному ковзанні по поверхні фронту призводить до утворення характерної системи слоїстообразних

хмар (хмар висхідного ковзання): перисто-шаруваті-високо-шаруваті-шарувато-дощові (Cs-As-Ns).

При наближенні до пункту теплового фронту з добре розвиненою хмарністю спочатку з'являються перисті хмари у вигляді паралельних смуг з когтевидними утвореннями в передній частині (провісники теплового фронту), витягнуті в напрямку повітряних течій на їх рівні (Ci uncinus). Перші перисті хмари спостерігаються на відстані багатьох сотень кілометрів від лінії фронту біля поверхні Землі (близько 800-900 км). Перисті хмари переходять потім в перисто-шаруваті хмари (Cirrostratus). Для цих хмар характерні явища гало.

Хмари верхнього ярусу - перисто-шаруваті і перисті (Ci і Cs) складаються з крижаних кристалів, і опади з них не випадають. Найчастіше хмари Ci-Cs є самостійний шар, верхня межа якого збігається з віссю струменевої течії, тобто близька до тропопаузе.

Потім хмари стають все щільніше: високо-шаруваті хмари (Altostratus) поступово переходять в шарувато-дощові (Nimbostratus), починають випадати обложні опади, які слабшають або зовсім припиняються після проходження лінії фронту. У міру наближення до лінії фронту висота підстави Ns знижується. Мінімальна її значення визначається висотою рівня конденсації в висхідному теплому повітрі.

Високо (As) є колоїдальних і складаються з суміші дрібних крапельок і сніжинок. Їх вертикальна потужність досить значна: починаючись на висоті 3-5 км, ці хмари простягаються до висот близько 6-7 км, тобто мають 2-4 км в товщину.

Випадають з цих хмар опади влітку, проходячи крізь теплу частину атмосфери, випаровуються і не досягають поверхні Землі. Взимку опади з As у вигляді снігу можуть досягати поверхні Землі, а також стимулювати випадання опадів з St-Sc. У цьому випадку ширина зони обложних опадів може досягати ширини 400 км і більше.

Найближче до поверхні Землі на висоті кількох сотень метрів утворюються купчасто-дощові хмари (Ns), під якими розвиваються розірвано-дощові (St fr), які зливаються з шарувато-дощовими, з яких випадають обложні опади у вигляді дощу і снігу.

Хмари Ns простягаються від рівня порядку 1-3 км до 6-7 км, тобто мають досить значну вертикальну потужність. Хмари також складаються з крижаних елементів і крапель, причому, і краплі і кристали особливо в нижній частині хмар більші, ніж в As.

Нижня основа системи хмар As-Ns в загальних рисах збігається з поверхнею фронту. Оскільки верхня межа хмар As-Ns приблизно горизонтальна, найбільша їх товщина спостерігається поблизу лінії фронту.

У центру циклону, де система хмар теплового фронту має найбільший розвиток, ширина хмарної зони Ns і зони обложних опадів в середньому -

близько 300 км. В цілому хмари As-Ns мають ширину 500-600 км, ширина зони хмар Ci-Cs - близько 200-300 км.

Якщо спроектувати дану систему на приземну карту, то вся вона виявиться перед лінією теплового фронту на відстані 700-900 км. Досвід показує, що в окремих випадках зона хмарності та опадів може бути значно вже або ширше, в залежності від кута нахилу фронтальної поверхні, висоти рівня конденсації, термічних умов нижньої тропосфери.

У нічний час радіаційне вихолодження верхньої межі хмарної системи As-Ns і зниження температури в хмарах, а також посилення вертикального перемішування при опусканні охолодженого повітря всередину хмари сприяє утворенню крижаної фази в хмарах, зростання хмарних елементів і утворення опадів.

У міру віддалення від центру циклону висхідні рухи повітря слабшають, опади припиняються.

Фронтальні хмари можуть утворюватися не тільки над похилою поверхнею фронту, а в деяких випадках - і по обидві сторони від фронту. Це характерно для початкової стадії циклону, коли висхідні рухи захоплюють зафронтальну область. Тоді і опади можуть випадати з обох сторін. Але за лінією фронту фронтальна хмарність зазвичай сильно розшарована і зафронтальні опади частіше представлені у вигляді мряки.

У разі дуже пологого фронту система хмар може бути зміщена вперед від лінії фронту.

У теплу пору року висхідні рухи поблизу лінії фронту набувають характеру конвективних, і в денний час на теплих фронтах нерідко розвиваються кучеводождеві хмари і спостерігаються зливи і грози.

Хмарність старих теплих фронтів також може бути расслоеною на всьому протязі фронту. Поступово ці шари розсіюються і опади припиняються.

Іноді теплий фронт майже або взагалі не супроводжується опадами. Так буває при малому вологосодержанні теплового повітря, коли рівень конденсації лежить на значній висоті. При сухості повітря і особливо в разі його помітною стійкої стратифікації висхідне ковзання теплового повітря не досягає великих висот, і стану насичення не настає.

Влітку в денні години в приземному шарі за лінією теплового фронту при значній хмарності температура повітря над сушею може бути нижче, ніж перед фронтом. Це явище називається маскуванням теплового фронту.

5.2 Холодний фронт

Холодний фронт має циклонічну кривизну (опуклість в бік теплового повітря) і рухається в бік теплового повітря. На карті погоди холодний фронт відзначається синім кольором або зачерненими трикутниками, спрямованими в бік переміщення фронту. Перебіг в холодному повітрі має

складає, спрямовану до лінії фронту, тому холодне повітря, просуваючись вперед, займає простір, де до цього знаходився тепле повітря, що збільшує його нестійкість.

При переході через лінію теплового фронту вітер, як і в випадку теплового фронту, повертає вправо, але поворот більш значний і різкий - від південно-західного, південного (перед фронтом) до західного, північно-західного (за фронтом). При цьому посилюється швидкість вітру.

Атмосферний тиск перед фронтом змінюється повільно. Воно може падати, але може і зростати. З проходженням холодного фронту починається швидке зростання тиску. За холодним фронтом розташовується замкнута ізаллобарическая область зростання тиску, причому, зростання може досягати 3-5 гПа / 3ч. Зміна тиску в бік його зростання (від падіння до зростання, від повільного зростання до сильнішого) свідчить про проходження лінії приземного фронту.

Перед фронтом часто спостерігаються грози і шквали. Температура повітря після проходження фронту падає (адвекція холоду), причому часто швидко і різко - на 10°C і

більше за 1-2 години. Масова частка водяної пари знижується одночасно з температурою повітря. Видимість, як правило, покращується, оскільки за холодним фронтом вторгається полярний або арктичне повітря. Крім того, нестійкість повітряної маси перешкоджає конденсації поблизу поверхні Землі.

Характер погоди на холодному фронті помітно різниться в залежності від швидкості зсуву фронту, властивостей теплового повітря перед фронтом, характеру висхідних рухів теплового повітря над клином холодного.

Розрізняють два типу холодних фронтів - 1-го і 2-го роду (рис. 5.3).

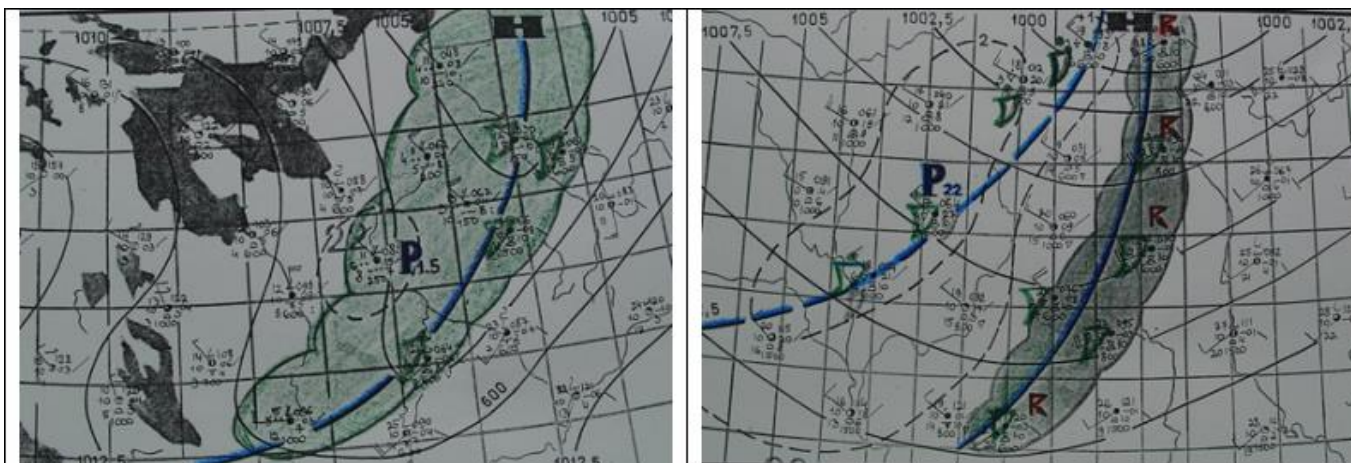


Рисунок 5.3 – Холодний фронт 1-го роду (зліва) і холодний фронт 2-го роду на приземних картах погоди

5.2.1 Холодні fronti 1-го роду

На холодних фронтах 1-го роду переважає впорядковане підняття теплового повітря над клином холодного повітря. Холодний фронт 1-го роду

є пасивною поверхнею висхідного ковзання. До цього типу належать повільно рухаються або сповільнюють свій рух фронти, переважно на периферії циклонічних областей в глибоких барических улоговинах (рис. 5.4, див. рис. 5.3).

Хмарність холодного фронту 1-го роду, що утворюється внаслідок висхідного ковзання уздовж його поверхні витісняється холодним клином теплого повітря, є як би дзеркальним відображенням хмарності теплого фронту. Вона починається з Ns, а закінчується Cs-Ci.

При цьому хмари розташовані головним чином за лінією фронту. Відмінність від хмарності теплого фронту все ж існує. Внаслідок тертя поверхню холодного фронту в нижніх шарах стає крутий. Тому перед самою лінією фронту замість спокійного і пологого висхідного ковзання спостерігається більш крутий (конвективний) підйом теплого повітря. Завдяки цьому, в передній частині хмарної системи іноді виникають потужні купчасті (Cu cong.) і купчасто-дощові (Cb) хмари, розтягнуті на сотні кілометрів уздовж фронту, зі зливами влітку, снігопадами взимку, грозами, градом і шквалами.

Над вищерозміщеної частиною фронтальної поверхні з нормальним нахилом в результаті висхідного ковзання теплого повітря хмарна система являє рівномірний покрив слоистообразних хмар As-Ns. Зливові опади перед фронтом після проходження фронту змінюються більш рівномірними обложними опадами.

Нарешті, з'являються перисто-шаруваті і перисті хмари. Вертикальна потужність системи As-Ns і ширина хмарної системи та області опадів при цьому буде майже в 2 рази менше, ніж в разі теплого фронту. Верхня межа системи As-Ns знаходиться приблизно на висоті 4-4.5 км. Під основний хмарної системою можуть виникати шаруваті розірвані хмари (St fr), іноді утворюються фронтальні тумани.

Тривалість проходження холодного фронту 1-го роду через пункт спостереження становить 10 год. і більше. Є сезонні особливості структури холодних фронтів 1-го роду. У холодну половину року ширина хмарної системи 400-500 км, а зони обложних опадів - до 200 км. У зоні опадів утворюються розірвано-дощові хмари висотою 100-200 м. У хмарах та переохолодженому дощі відмічається обмерзання. Видимість в опадах 1000 м і менше.

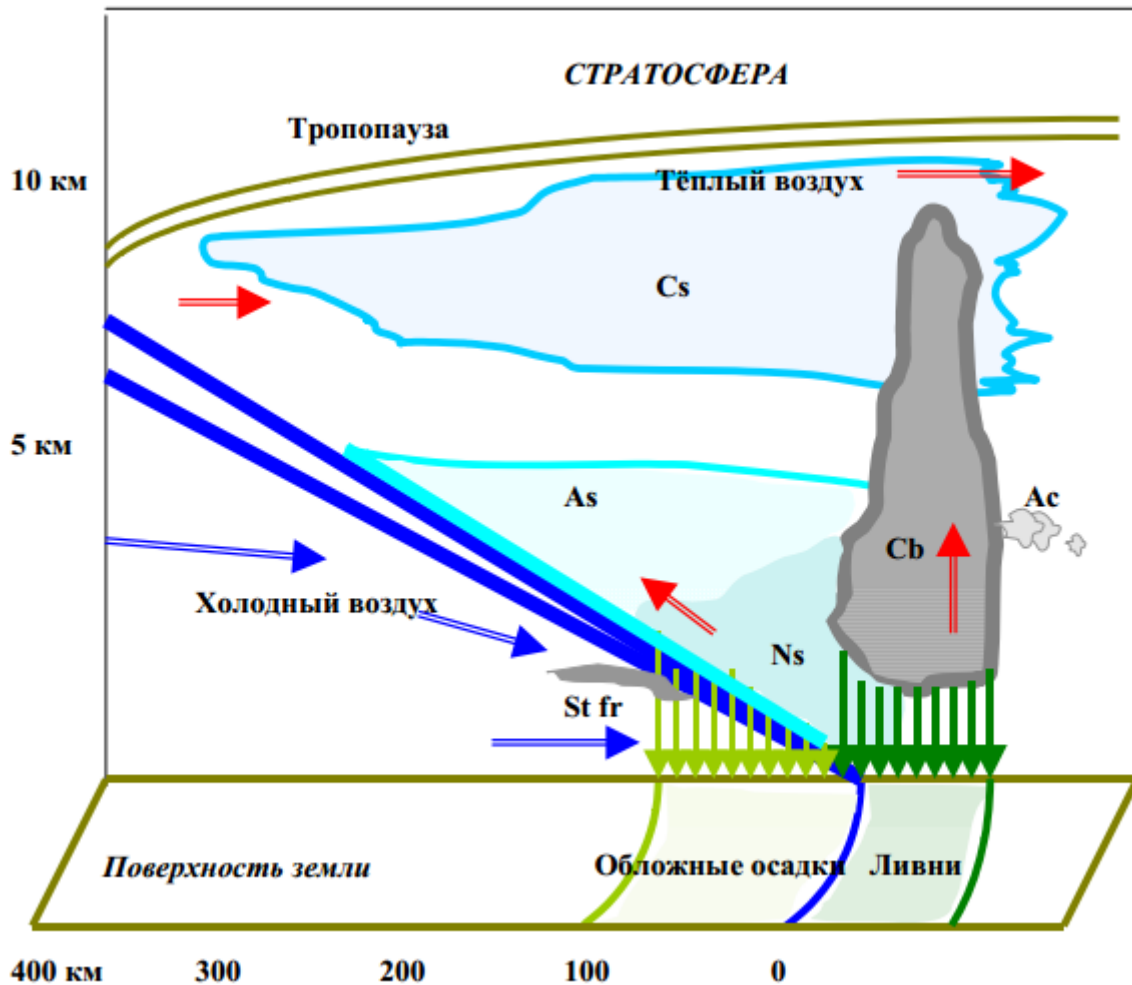


Рисунок 5.4 – Схема холодного фронту 1-го роду в вертикальному розрізі

У теплу половину року на фронті, крім основної хмарної системи, нерідко розвиваються купчасто-дощові хмари Cb, грози, що супроводжуються зливовими опадами

і шквалистими вітрами. Ширина хмарної системи становить близько 300 км, зона зливових опадів - близько 50 км, далі вони переходять в обложні. Загальна ширина зони опадів у середньому близько 150 км. В хмарах відзначається обмерзання, а в купчасто-дощових, крім того, сильна бовтанка.

5.2.2 Холодні фронти 2-го роду

Фронти 2-го роду в нижньому шарі атмосфери є пасивною поверхнею висхідного ковзання, а вище - активною поверхнею низхідного ковзання.

До цього типу належить більшість швидко рухаються холодних фронтів в циклонах (рис. 5.5, див. рис. 5.4). Тут відбувається витіснення теплого повітря нижніх шарів вгору продвигаючимся вперед холодним валом. Поверхня холодного фронту в нижніх шарах розташовується дуже круто, утворюючи навіть опуклість у вигляді валу.

Швидке переміщення клина холодного повітря викликає вимушену конвекцію витісняється теплого повітря у вузькому просторі у передній частині фронтальної поверхні. Тут створюється потужний конвективний потік з утворенням кучеводождевої хмарності, що посилюється в результаті термічної конвекції.

Провісниками фронту є високо сочевицеподібні хмари, які поширюються перед ним на відстані до 200 км.

Виникає хмарна система має невелику ширину (50-100 км) і являє собою не окремі конвективні хмари, а безперервний ланцюг, або хмарний вал, який іноді може бути не суцільним. На картах звичайного масштабу Сb і зливові опади, град та грози не завжди можуть бути виявлені.

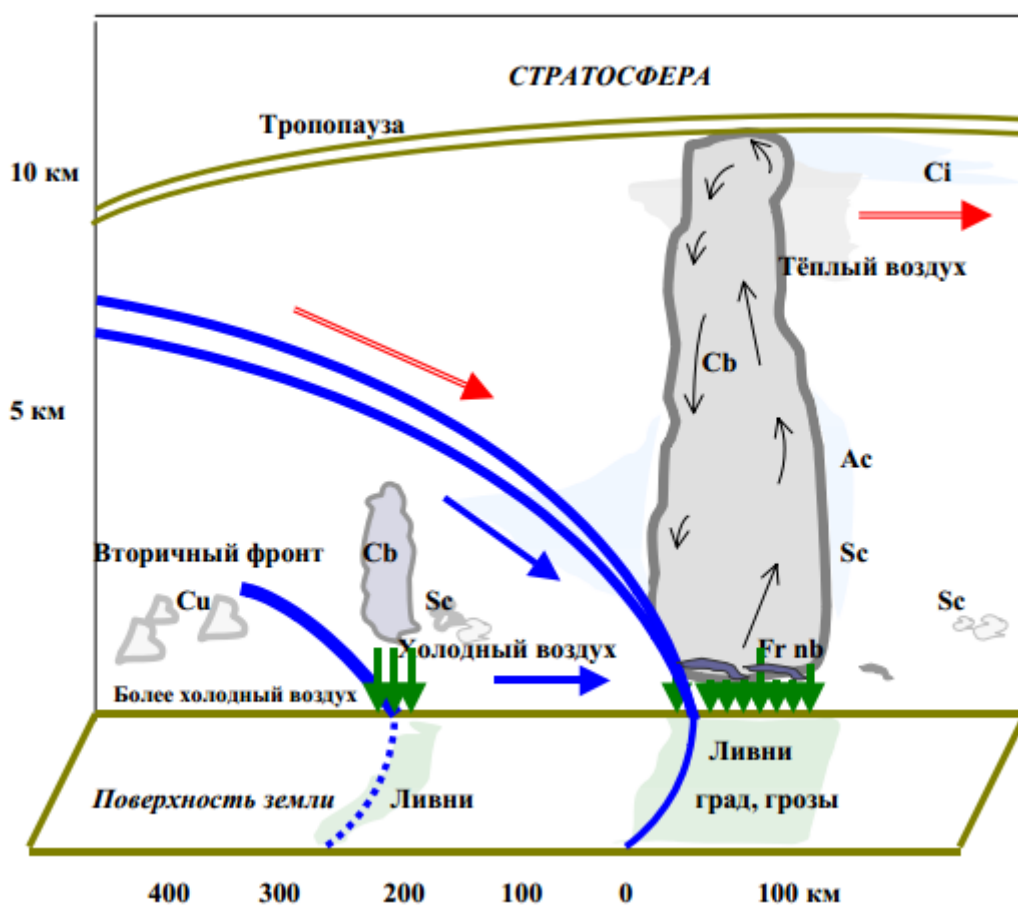


Рисунок 5.5 – Схема холодного фронту 2-го роду в вертикальному розрізі

У теплу половину року верхня межа купчасто-дощових хмар поширюється до висоти тропопаузи. На холодних фронтах 2-го роду спостерігається інтенсивна грозова діяльність, зливи, іноді з градом, шквалисті вітри. В хмарах сильна бовтанка і обмерзання. Ширина зони небезпечних явищ погоди становить кілька десятків кілометрів.

У холодну половину року вершини купчасто-дощових хмар досягають 4 км.

Ширина зони снігопаду становить 50 км. З цієї хмарністю пов'язані сильні снігопади, хуртовини при видимості менше 1000 м, різке посилення швидкості вітру, бовтанка.

Хмари холодного фронту 2-го роду мають яскраво виражений добовий хід. Вночі хмари Сb можуть розмиватися. Днем посилюються конвективні рухи повітря в зв'язку

з прогріванням підстильної поверхні і розвитком турбулентних рухів. Тому і найбільшого розвитку хмари і опади холодного фронту 2-го роду досягають в післяполуденні години, що характерно і для внутрімасові хмар Сu і Сb.

Якщо тепле повітря має більшу вологість і нестійкість, то перед фронтом випадають інтенсивні зливи, супроводжувані грозами, градом, шквалами. Вертикальна потужність Сb може змінюватися від 3 до 15 км. Нижня межа (підстава) лежить зазвичай нижче 2 км, вершини хмар Сb нерідко досягає рівня тропосфери, де верхнім сильним потоком витягуються далеко вперед по руху холодного фронту у вигляді пелени високо і купчасто-дощових хмар хмар з утворенням ковадла (Сi incus). Ковадло свідчить про наявність твердої фази в купчасто-дощової хмарі (Сb capillatus).

Низхідні рухи теплого повітря над іншою частиною поверхні перешкоджають поширенню хмарної системи за лінію фронту.

При проходженні холодних фронтів 2-го роду через пункт спостережень спочатку (години за 3-4 до проходження лінії фронту у Землі) з'являються перисті хмари, які швидко змінюються високо, іноді чечевицеобразного, які швидко змінюються громадою Сb зі зливами, грозами, градом, шквалами. Тривалість переміщення системи хмар з зливовими опадами і грозами зазвичай не перевищує 1-2 години. Після проходження холодного фронту зливові опади припиняються.

Особливістю холодних фронтів як першого, так і другого роду є предфронтальної шквали. Оскільки в передній частині холодного клину, завдяки тертю, створюється крутий нахил фронтальної поверхні, частина холодного повітря виявляється над теплим. Далі відбувається "обрушення" вниз холодних повітряних мас у передній частині холодного валу, що пересувається. Обрушення холодного повітря призводить до витіснення вгору теплого повітря і до виникнення уздовж фронту вихору з горизонтальною віссю.

Особливо інтенсивними бувають шквали на суші влітку, при великій різниці температур між теплим і холодним повітрям по обидва боки від фронту і при нестійкості теплого повітря. У цих умовах проходження холодного фронту супроводжується руйнівними швидкостями вітру. Швидкість вітру нерідко перевищує 20-30 м / с, тривалість явища зазвичай кілька хвилин, іноді спостерігаються пориви.

5.2.3 Вторинні холодні фронти

Вторинні холодні фронти виявляються у поверхні Землі в барических улоговинах в тилу циклону за основним фронтом (див. Рис. 11.10), де має місце збіжність вітру. Може бути 1-2 вторинних фронтів. Вторинні фронти мають систему хмар, схожу з хмарністю системи хмар холодного фронту 2-го роду, але вертикальна протяжність хмар менше, ніж у основних.

Внаслідок цього, після короточасного прояснення, що настає слідом за проходженням основного фронту, з'являються конвективні хмари, пов'язані з вторинними фронтами, з зливовими опадами, грозами, шквалами і хуртовинами.

Але опади у тилу циклону можуть бути не тільки фронтальними, але і внутрімасові, оскільки в тилу циклону повітряна маса нестійка. Внутрімасові можуть бути і шквали, пов'язані з потужними хмарами конвекції (Cb) в спекотну літню погоду над сушею або в холодних нестійких масах над теплою поверхнею, що підстилає (в тилувій частині Cb мають місце низхідні рухи, в передній - потужні висхідні, що формує вихор з горизонтальною віссю - шквал)

5.3 Фронти оклюзії

Внаслідок низхідних рухів в холодному повітрі в тилу циклону, холодний фронт рухається швидше теплому фронту і з часом наганяє його. На стадії заповнення циклону виникають комплексні фронти - фронти оклюзії, які утворюються при змиканні холодного і теплому атмосферних фронтів.

В системі фронту оклюзії взаємодіють три повітряні маси, з яких тепла вже не стикається з поверхнею Землі. Процес витіснення теплому повітря у верхні шари називається оклюдірованієм. При цьому тилувий клин холодного повітря циклону змикається з переднім клином холодного повітря. Тепле повітря у вигляді воронки поступово піднімається вгору, а його місце займає холодне повітря, що надходить з боків.

Поверхня розділу, що виникає при змиканні холодного і теплому фронтів, називають поверхнею фронту оклюзії. Лінія перетину поверхні розділу з поверхнею Землі називається нижнім фронтом оклюзії, а лінія у вільній атмосфері, де межують три повітряні маси - верхнім фронтом оклюзії. Проекція верхнього фронту (верхньої частини фронтальної поверхні оклюзії) на приземну карту носить назву верхнього фронту. Ця проекція може розташовуватися або попереду, або позаду нижнього фронту оклюзії.

Змикаються при оклюдірованії повітряні маси зазвичай мають різну температуру - одна може бути холодніше інший. Відповідно до цього, розрізняють два типи фронтів оклюзії - фронти оклюзії типу теплому фронту і фронти оклюзії типу холодного фронту.

Якщо тиловий повітря теплеє, ніж передній, утворюється теплий фронт оклюзії, якщо холодніше - холодний фронт оклюзії (рис. 5.6).

У момент змикання холодного і теплого фронтів зближуються їх хмарні системи, тобто до хмар і опадів теплого фронту впритул примикають хмари і опади холодного фронту. Тому при проходженні фронту оклюзії через пункт спостереження опади випадають як перед наближенням фронту, так і після його проходження (рис. 5.7).

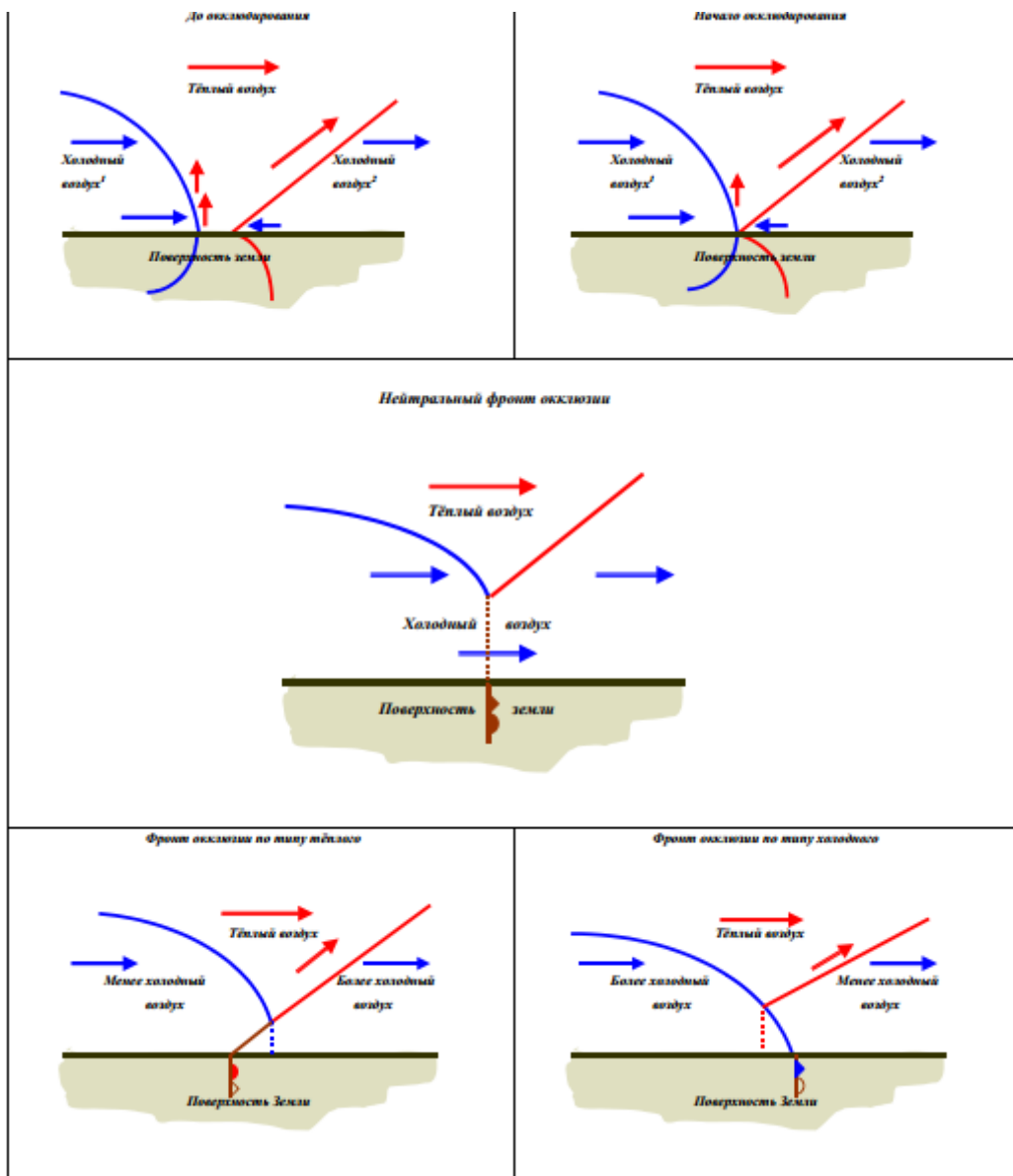


Рисунок 5.6 – Схеми утворення фронтів оклюзії

Насування тилового холодного повітря на поверхню теплого фронту в разі теплого фронту оклюзії не є висхідним рухом теплого повітря уздовж клину холодного, як в разі звичайного теплого фронту, як це може здатися спочатку.

Висхідне ковзання матиме місце тільки в самих нижніх шарах атмосфери, завдяки конвекції тертя. Але в більшій частині тилового

холодного клину зберігаються спадні складають руху. Просування верхнього холодного фронту над поверхнею теплового фронту відбувається, в основному, за рахунок просування повітря тилового клина з вільної атмосфери вперед по похилій поверхні теплового фронту, а також за рахунок тих, які сходять рухів, що опускають тиловий повітря до поверхні теплового фронту зверху.

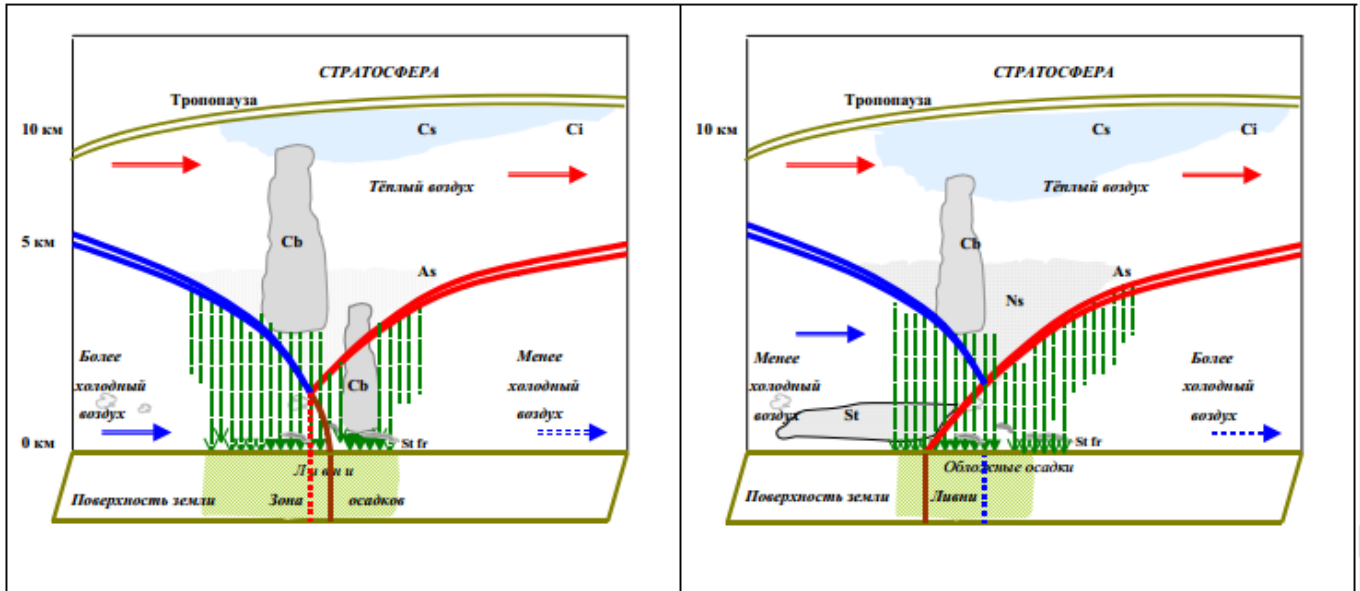


Рисунок 5.7 – Схеми фронтів оклюзії по типу холодного (зліва) і теплового (праворуч) у вертикальному розрізі

З плином часу температури по обидві сторони нижнього фронту оклюзії і від поверхні оклюзії поступово вирівнюються, і фронт оклюзії дегенерує. Це відбувається під впливом неадіабатичних впливів (охолодження випадають опадами, турбулентність, радіація), так і в силу впливів адиабатических (висхідний рух в теплому повітрі і спадний в холодному). Іноді температури предфронтальної і зафронтальної маси з самого початку виявляються настільки близькими, що їх практично не розрізнити, в цьому випадку говорять про нейтральному фронті оклюзії.

На Далекому Сході влітку будуть переважати теплі фронти оклюзії, так як повітря в тилу циклону за холодним фронтом, будучи континентальним полярним, тепліше, ніж океанічний полярне повітря в передній частині циклону (перед теплим фронтом).

Взимку, навпаки, будуть переважати холодні фронти оклюзії, так як континентальне полярне повітря в тилу циклону формується над вихоложеного поверхнею азіатського континенту - в області сибірського антициклону - над Монголією, Китаєм, Забайкаллі, Якутією, Верхнім Амуром, захоплюючи Ленськ-Колимський район, де взимку у Землі також переважає поле підвищеного тиску. КПВ відрізняється дуже низькими температурами повітря (нижче, ніж в арктичних басейні), потужними приземними інверсіями і малою вологістю. Стійкий сухий і холодний континентальний помірний повітря при русі з північного заходу на

південний схід створює зимовий мусон з сильними західними і північно-західними вітрами і різкими зниженнями температури повітря. Морське помірне повітря в передній частині циклону (перед теплим фронтом) надходить з теплого океану.

У Європі умови будуть зворотними. Взимку переважають теплі фронти, так як в тилу циклону надходить морське полярне повітря, який значно тепліше, ніж континентальне полярне повітря в передній частині циклону. Влітку тут в основному спостерігаються холодні фронти оклюзії.

Баричне поле фронту оклюзії представлено різко вираженою улоговиною з виразними ізобарами. Перед фронтом на синоптичній карті є область падіння тиску, пов'язана з поверхнею теплового фронту, за фронтом оклюзії - область зростання тиску, пов'язана з поверхнею холодного фронту.

Точка на синоптичній карті, від якої розходяться залишаються незімкнутими ділянки теплового і холодного фронтів в оклюдірующем циклоні - точка оклюзії. У міру оклюдірування циклону точка оклюзії зміщується до його периферії.

5.3.1 Хмари і опади холодного фронту оклюзії

У разі холодного фронту оклюзії проекція верхнього фронту (верхня частина фронтальної поверхні оклюзії) на приземну карту розташовується позаду лінії приземного фронту (див. рис. 5.6).

При утворенні холодного фронту оклюзії тиловий клин холодного повітря має більш низьку температуру. Тому він вторгається під передній клин, як би піднімаючи його. Лінія теплового фронту відділяється від поверхні Землі і переміщується вгору по поверхні холодного фронту. Таким чином, верхнім фронтом оклюзії буде теплий фронт, а нижнім - холодний. Термічний гребінь на висоті буде розташовуватися позаду термічного гребеня більш низьких шарів.

Проходження нижнього фронту оклюзії створює у поверхні Землі похолодання.

У передній частині фронту оклюзії спостерігатимуться C_i , C_s , A_s , а в разі молодих фронтів оклюзії - N_s . Якщо холодний фронт першого роду, то вище верхнього теплового фронту може залишитися частина хмарної системи холодного фронту. Якщо холодний фронт другого роду, то за верхнім теплим фронтом настає прояснення. Але у нижнього холодного фронту може розвинутися вал C_b вже в передньому холодному повітрі, витісняється холоднішим тиловим клином. Таким чином, випадання опадів з A_s-N_s , якщо

воно відбувається, може бути порушена до випадання зливових опадів, або одночасно з проходженням нижнього холодного фронту, або після його проходження (див. рис. 5.7).

Таким чином, опади можуть випадати по обидва боки від нижнього фронту, а перехід від облогових опадів до зливовим, якщо він має місце,

відбувається не попереду нижнього фронту, а в безпосередній близькості до нього.

5.3.2 Хмари і опади теплового фронту оклюзії

У разі теплового фронту оклюзії воронка теплового повітря витісняється більш теплим повітрям, натекає на клин більш холодного повітря. Тиловий клин менш холодного повітря, наганяє передній клин більш холодного повітря, і холодний фронт, відокремившись від поверхні Землі, піднімається по поверхні теплового фронту.

В результаті лінія холодного фронту переходить з поверхні Землі в вільну атмосферу і переміщається все вище по поверхні теплового фронту. Таким чином,

верхнім фронтом оклюзії (верхньою частиною фронтальної поверхні оклюзії) буде холодний фронт, а нижнім - теплий (див. рис. 5.6).

Проекція верхнього фронту (верхньої частини фронтальної поверхні оклюзії) на приземну карту розташовується попереду лінії приземного фронту. термічний гребінь

на висоті буде розташовуватися попереду термічного гребеня більш низьких шарів. Проходження нижнього фронту створить у Землі потепління.

Туляться системи хмар теплового і холодного фронтів в основному складаються з As-Ns. В результаті зближення виникає потужна хмарна система Cs-As-Ns з найбільшою товщиною в «жолобі» у верхнього холодного фронту (див. рис. 5.7).

У разі молодого фронту оклюзії хмарна система починається з Ci і Cs, які переходять в As, потім в Ns. Іноді за Ns можуть спостерігатися Cb, за якими знову йдуть Ns.

Слабке висхідне ковзання тилового повітря по передньому уздовж поверхні оклюзії може привести до утворення уздовж неї хмар типу St-Sc, що не досягають рівня крижаних ядер. З них перед нижнім теплим фронтом буде випадати морозящие опади.

У разі старого теплового фронту оклюзії хмарна система складається з Ci і Cs, іноді до них приєднуються As. Опади можуть бути відсутні.

ВИСНОВКИ

В останній час важливе значення набули супутникові методи дослідження атмосфери. Це пов'язано із вдосконаленням космічної техніки. Значно зріс інтерес до питань збору, обробки, аналізу та практичного використання даних, отриманих з метеорологічних супутників Землі.

Супутники, виведені на навколосемну орбіту, можуть дати загальну картину кліматичних явищ, передати на Землю дані про формування та рух хмар, про радіаційний баланс, про зміну снігового і льодового покривів, про змішування повітряних мас і зародження циклонів.

У зв'язку із цим провідними питаннями космічної метеорології являються методи обробки даних та їх інтерпретація. Для цього необхідно застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення.

Для візуалізації різноманітних даних ДЗЗ у даному навчальному посібнику розглянуто програмне забезпечення Mclidas-V. Питання побудови карт, матриць та формування баз даних вирішені із застосуванням ГІС «Карта-2011». Методи тематичного дешифрування показані на прикладі програмного забезпечення ENVI. Завданням дешифрування є отримання певного обсягу якісної і кількісної інформації за даними дистанційного зондування, про стан, склад, структуру, розміри, взаємозв'язки і динамку процесів, явищ і об'єктів за допомогою дешифрувальних ознак.

Освоєння подібних програм дає можливість студентам розібратися з повним циклом обробки даних з метеорологічних супутників.

Для вирішення поставлених завдань можуть використовуватись знімки з супутника MODIS, NOAA та ін.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дашко Н.А. Курс лекций по синоптической метеорологии, 2005. – 523 с.
2. Украинский П.А., Терехин Э.А. Практикум по автоматизированной обработке данных дистанционного зондирования: Пособие для студентов географических факультетов университетов. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2010. – 246 с.
3. McIDAS-V User's Guide. 473 p.
4. Геоинформационная система "Карта-2011". База данных. Руководство пользователя. Ногинск. 115 с.
5. Геоинформационная система "Карта-2011". Обработка матриц и TIN-моделей. Ногинск.
6. Геоинформационная система "Карта-2011". Создание и редактирование карт. Руководство пользователя. Ногинск.

Навчальне видання

Андрєєв Сергій Михайлович

Жилін Володимир Анатолійович

Ковальова Віра Олександрівна

КОСМІЧНА МЕТЕОРОЛОГІЯ

Редактор

Редактор С. П. Гевло

Зв. план, 2018

Підписано до видання .2018

Ум. друк. арк. 3,2 Обл.-вид. арк. Електронний ресурс

Видавець і виготовлювач

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

Izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001