Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ"

МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ СУПУТНИКА NOAA

Під редакцією д.ф-м.н., член-кор. НАН України, проф. С.О. Довгого

Київ 2013 УДК 626/628:528.574

Рецензенти: доктор фізико-математичних наук, професор, член-кореспондент НАН України Брик О.Б., доктор технічних наук, професор Ілюшко В.М.

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України, протокол № 7 від 19.12.2012 р.

Монографія

Моніторинг навколишнього середовища з використанням космічних знімків супутника NOAA / Пащенко Р.Е., Радчук В.В., Красовський Г.Я. та ін. // Під ред. С.О. Довгого. – Київ: ФОП Пономаренко Є. В., 2013. – 316 с.

Авторський колектив:

Довгий Станіслав Олексійович, Пащенко Руслан Едуардович, Радчук Валентин Васильович, Красовський Григорій Якович, Трофимчук Олександр Миколайович, Дмитрієва Олена Олексіївна, Іванов Віктор Кузьмич, Андрєєв Сергій Михайлович, Попов Анатолій Владиславович, Слободян Віра Олександрівна, Радчук Ігор Валентинович, Брашеван Олександра Миколайовна, Вишняков В'ячеслав Юрійович, Крета Дмитро Леонідович, Нечаусов Артем Сергійович, Тимохін В'ячеслав Михайлович.

ISBN 978-617-696-165-9

В монографії представлена технологія отримання та використання космічних знімків NOAA в завданнях моніторингу довкілля. Наведена коротка характеристика оперативної супутникової системи NOAA, а також призначення та технічні характеристики основних приладів супутників NOAA. Розглянуті склад та технічні характеристики станції прийому знімків NOAA, докладно описано програмне забезпечення їх первинної і тематичної обробки. Розглянуті інтерфейс та склад спеціалізованих програм WXtrack, WSat, HRPT Reader, що використовуються оператором станції прийому. Описана технологія отримання знімків NOAA через мережу INTERNET та наведено короткий огляд ресурсів космічних знімків у цій мережі. Розроблені методи і моделі тематичної обробки знімків NOAA в завданнях моніторингу земної поверхні, моря, хмарного покриву та руху хмар, забруднення снігового покриву, підтоплення земель.

Для фахівців з питань дистанційного зондування Землі з космосу, охорони і раціонального використання природних ресурсів, аспірантів і студентів навчальних закладів зі спеціальностей природоохоронного спрямування та екологічних досліджень.

ISBN 978-617-696-165-9

© Кол. авторів, 2013

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ"

3MICT

ВСТУП	.5
1. СКЛАД ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПЕРАТИВНОЇ	
СУПУТНИКОВОЇ СИСТЕМИ NOAA	.7
1.1. Коротка характеристика супутників	.8
1.2. Призначення та технічні характеристики основних приладів	.12
2. ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ З	
СУПУТНИКІВ NOAA	.22
2.1. Апаратне забезпечення прийому знімків	.22
2.1.1. Конструкція антен	.24
2.1.2. Основні характеристики приймачів	.36
2.2. Програмне забезпечення прийому початкової інформації та підгото	эвки
ії до візуалізації	.42
2.2.1. Опис спеціалізованої програми WXtrack	.44
2.2.2. Опис спеціалізованої програми WSat	.73
2.3. Програмне забезпечення попередньої обробки та візуалізації	
представлення результатів	.87
2.3.1. Опис спеціалізованої програми HRPT Reader	.87
2.3.2. Покращення якості зображення для аналізу характеристик хмарн	юсті
на зображеннях	.109
2.4. Технологія отримання знімків через мережу INTERNET	.129
2.4.1. Програма для запису і декодування прийнятого сигналу	.129
2.4.2. Короткий огляд ресурсів космічних знімків у мережі INTERNET	133
2.5. Застосування технології отримання космічних знімків NOAA	.137
2.5.1. Технологічний процес приймання знімків	.138
2.5.2. Технологічний процес безпосереднього приймання знімків	.147
2.5.3. Технологія обробки	.147
3. МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З	
ВИКОРИСТАННЯМ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ СУПУТНИКІВ NOAA	154
3.1. Задачі, які вирішуються з використанням знімків низького	
просторового розрізнення	.154
3.2. Оцінка температури поверхні Землі	.155
3.2.1. Супутниковий моніторинг температури земної поверхні	.158
3.2.2. Оцінка температури водної поверхні	.175
3.3. Моніторинг стану морських акваторій	.190
3.3.1. Аналіз методів ідентифікації забруднень морських акваторій	.192
3.3.2. Алгоритм класифікації космічних знімків за яскравісними ознака	ами
поверхні Чорного та Азовського морів	.196
3.3.3. Обробка космічних знімків для ідентифікації техногенних	

забруднень Чорного та Азовського морів	203
3.3.4. Загальний алгоритм створення векторних карт за даними косміч	них
знімків	206
3.4. Дослідження руху хмар і просторово-часового розподілу хмарног	O.
покриву	212
3.4.1. Дослідження руху хмар	213
3.4.2. Аналіз розподілу хмарного покриву	223
3.5. Космічний моніторинг підтоплення земель	225
3.5.1. Інформативність супутникових знімків у завданнях моніторингу	Y
підтоплення земель	226
3.5.2. Формування зображень підтоплених територій на космічних знімках.	227
3.5.3. Визначення зон поверхневого затоплення подів за допомогою	
космічних знімків	230
3.6. Моніторинг снігового покрову	237
3.6.1. Ідентифікація снігового покрову на космічних знімках	238
3.6.2. Моніторинг снігового покрову з використанням нормалізованог	0
диференціального снігового індексу	244
3.6.3. Детектування «гарячих точок» – потенційних пожеж	248
4. ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ГЕОПОРТАЛУ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕН	НЯ
ТА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ АРХІВУ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ	
СУПУТНИКІВ NOAA	262
4.1. Основи організації каталогізації даних Д33	262
4.2. Організаційна структура метаданих	267
4.3. Основи створення геопорталу	270
4.3.1. Структура програмно-технологічних платформ геопорталів	270
4.3.2. Базовий набір служб-компонент геопорталу	273
4.3.3. Сучасні програмно-технологічні платформи у геопорталах	279
4.4. Технологія створення геопорталу для збереження та розповсюдже	ення
архіву космічних знімків з супутників NOAA	288
ВИСНОВКИ	304
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	305

ВСТУП

Типова станція прийому космічних знімків з супутників NOAA складається з: однодзеркальної параболічної антени у вигляді тарілки; поворотного пристрою з дистанційним керуванням; понижуючого перетворювача; приймача HRPT; генератора (декодера); персонального комп'ютера з спеціальним програмним забезпеченням.

Протягом всього часу польоту супутника у зоні радіовидимості станції прийому (близько 9 – 14 хвилин) інформація послідовно передається на Землю. Сигнал весь час приймається антеною, перетворюється і підсилюється у приймальній системі та оцифровується і записується для довгого або короткого терміну зберігання.

Для ефективної організації прийому, попередньої і тематичної обробки знімків з супутників NOOA необхідно мати відповідну інформаційну технологію. Під час проведення сеансів приймання знімків роботу оператора можна умовно розподілити на три основних етапи: підготовка до приймання знімків; безпосереднє приймання знімків; попередній аналіз отриманих знімків.

На кожному етапі роботи оператор виконує низку операцій як з застосуванням апаратури прийому, так і з використанням спеціального програмного забезпечення. Тому доцільно докладно розглянути склад, призначення та функціонування окремих пристроїв станції прийому, а також інтерфейс та склад спеціальних програм, що використовуються під час роботи оператора.

Знімки з супутників NOAA характеризуються низьким розрізненням. Основним завданням, яке вирішується з їх допомогою, є метеорологічний і кліматичний моніторинг. За допомогою спеціальних програм по знімках з супутників NOAA можна отримати дані про пожежі, температуру і стан фітоценозів у будь-якій точці Землі, визначити координати цієї точки (широту і довготу), здійснювати спостереження за просторово-часовим розподілом хмар, туманів, ураганів, снігового покрову та ін., а також за екологічним станом великих водних об'єктів, їх гідро- і теплодинамічними режимами, за станом великих рослинних масивів та природно-кліматичних і ландшафтних зон, процесів підтоплення ґрунтів. В роботі розглядаються практичні аспекти організації цих можливостей знімків з супутників NOAA.

У першому розділі наведена коротка характеристика оперативної супутникової системи NOAA, а також призначення та технічні характеристики основних її приладів.

У другому розділі розглянута технологія прийому космічних знімків NOAA типовою станцією як у форматі HRPT, так і у форматі APT. Наведені основні характеристики приймальної системи для отримання знімків. Розглянуті інтерфейс та склад спеціалізованих програм WXtrack, WSat, HRPT Reader, що використовуються під час роботи оператора. Крім того, розглянуті можливі шляхи отримання знімків з супутників NOAA через мережу INTERNET та наведений короткий огляд ресурсів космічних знімків у цій мережі. Показано застосування технології отримання космічних знімків NOAA під час підготовки до приймання знімків, під час безпосереднього приймання знімків та під час попереднього аналізу отриманих знімків.

У третьому розділі розглянуті інформаційні технології вирішення з використанням знімків з супутників NOAA низки важливих практичних завдань дослідження як природних процесів, так і процесів, що піддаються антропогенним впливам. Розглянуто порядок оцінки температури земної і водної поверхонь, визначення пожеж, моніторингу стану морських акваторій, просторово-часового розподілу снігового покрову, хмар, а також процесів підтоплення грунтів.

У четвертому розділі представлена технологія створення геопорталу для збереження та розповсюдження архіву космічних знімків з супутників NOAA. Проведено аналіз сучасних програмно-апаратних платформ і визначені критерії їх вибору під час створення геопорталу. Розроблена структура взаємодії основних елементів геопорталу.

1. СКЛАД ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПЕРАТИВНОЇ СУПУТНИКОВОЇ СИСТЕМИ NOAA



Національне управління океанічних і атмосферних досліджень (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) займається різними видами метеорологічних та геодезичних досліджень і прогнозів для США, вивченням світового океану і атмосфери. Крім того, попереджає населення про можливі руйнівні природні катастрофи. NOAA було створено 3 жовтня 1970 року і структурно як федеральне відомство (наукове агентство) входить до

складу Міністерства торгівлі США [1].

Організаційно до NOAA входять Національна служба з дослідження океану (National Ocean Survey) зі своїми дослідницькими станціями у м. Норфолц, штат Вірджинія і м. Сіетл, штат Вашингтон, Національна метеорологічна служба (National Weather Service) і Національна служба з визначення морських рибних ресурсів (National Marine Fisheries Service). Штаб-квартира NOAA розташована у м. Роквілл, штат Меріленд. Офіційний сайт NOAA: http://www.noaa.gov/.

Оперативна супутникова система NOAA складається 3 геостаціонарних супутників GOES, які призначені для короткострокового надкороткострокового прогнозування моніторингу i i поточної метеорологічної обстановки, а також полярно-орбітальних супутників POES, які надають інформацію для більш довгострокових прогнозів погоди, моніторингу атмосфери і погодних явищ, а також для забезпечення безпеки польотів і безпеки водного транспорту (моніторинг і прогнозування льодової обстановки). Отримані з супутників GOES і POES дані дозволяють проводити глобальний моніторинг погодної обстановки.

Дані, отримані супутниками, накопичуються в бортовому пристрої, що запам'ятовує, а потім передаються в центри прийому даних – Фейрбенкс (США, Аляска) і Уоллопс Айленд (США, Вірджинія) (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Центр управління польотами супутників NOAA

Супутники NOAA також оснащені системами пошуку і порятунку

(S&R) [2], які до теперішнього часу допомогли врятувати більш ніж 20 тисяч людських життів.

У сеансі передачі даних з супутників NOAA передаються зображення двох спектральних каналів: видимого (у денний час доби) або середнього інфрачервоного (IЧ) (вночі) і теплового ІЧ (цілодобово) з просторовим розрізненням близько 1,1 км і шириною смуги огляду близько 3000 км. Повторюваність прийому знімків однієї і тієї ж території складає 3–4 рази на добу для одного супутника або 8–12 разів залежно від кількості супутників, що одночасно діють. На грудень 2012 року діють три супутника: NOAA 16– робоча частота f = 1702,5 МГц (після перетворення f = 137,62 МГц); NOAA 18– робоча частота f = 1707,0 МГц (після перетворення f = 137,9125МГц); NOAA 19– робоча частота f = 1698,0 МГц (після перетворення f = 137,1 МГц).

Приймати такі частоти можна цілком побутовими радіостанціями, навіть телевізійним тюнером з розширеним діапазоном. Для прийому погодних супутників потрібна антена з круговою поляризацією. Перед включенням запису слід дізнатися, коли і який супутник проходитиме над вашим регіоном. Час проходження супутника не великий, а сигнал наростає від нуля до максимуму і знову йде в нуль. Час впевненого прийому складає від 10 - 12 до 1 - 2 хвилин. Час прийому залежить від якості антени, близькості проходження супутника і відкритості горизонту (багатоповерхівки та високі дерева заважають прийому). Оптимальним є дах багатоповерхового будинку.

1.1 Коротка характеристика супутників

Супутники серії NOAA (рис. 1.2) знаходяться у космосі з початку 1970х років на висоті приблизно 800 км (вважається, що першим супутником цієї серії був супутник TIROS-M, запущений 23 січня 1970 року). Дати запуску супутників, що діють на теперішній час, такі: NOAA 16 – вересень 2000 року, NOAA 18 – травень 2005 року, NOAA 19 – лютий 2009 року.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд супутників серії NOAA

Метеорологічні супутники NOAA мають довжину 4,18 м, діаметр – 1,88 м, масу на орбіті – 1030 кг. Кругова орбіта має висоту 870 км, один виток супутник здійснює приблизно за 101 хвилину. Площа сонячних батарей супутника – 11,6 м², потужність батарей – не менше 1,6 кВт, але з часом батареї деградують із-за дії космічних променів і мікрометеорів. Для нормальної роботи супутника необхідна потужність не менше 515 Вт.

На супутниках серії NOAA встановлено два комплекси приладів: AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) і комплект апаратури для вертикального зондування атмосфери TOVS (Tiros Operational Vertical Sounder). Зонд TOVS призначений для вертикального зондування атмосфери. Зонд є трикомпонентною системою, що включає [3]: 4-х канальний Блок Мікрохвильового Зондування (MSU) для спостереження за хмарними регіонами; 3-х канальний Блок Стратосферного Зондування (SSU) для визначення температури стратосфери; 20-ти канальний IЧ Зонд Високого Розрізнення (HIRS) для визначення вертикального профілю температури, вмісту водяної пари та озону.

Основний об'єм інформації складають дані скануючого радіометра AVHRR – Розширений Радіометр з Дуже Високим Розрізненням. Сканер AVHRR супутника NOAA з циліндровим скануванням має 8-дюймову (20 см) оптичну систему Кассегрена, сканування здійснюється шляхом обертання з частотою 6 об/с дзеркала з берилію. Кут сканування ±55°, смуга огляду – близько 3000 км. Із-за кривизни Землі зона радіовидимості супутника складає ±3400 км, тому за один прохід супутника вдається отримати інформацію з поверхні близько 3000х7000 км. Приклад знімка з супутника NOAA (AVHRR) показаний на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Приклад знімка з супутника ТЩФФ

Узагальнені технічні характеристики супутників NOAA наведені в табл. 1.1 [3].

Номери каналів	Спектральний діапазон (мкм)	Ширина смуги огляду	Період зйомки	Просторове розрізнення
1	0,58 - 0,68			
2	0,725 - 1,10			
3A	1,58 - 1,64	близько 3000 км	101 yr	1100 м
3B	3,55 - 3,93	5000 KM		
4	10,3 - 11,3			
5	11,5 – 12,5			

Таблиця 1.1 – Узагальнені технічні характеристики супутників NOAA

Як видно з табл. 1.1, обладнання супутників NOAA дозволяє отримувати зображення по п'яти спектральних каналах з достатньо широкої смуги огляду (близько 3000 км). Просторове розрізнення 1,1 км дозволяє з високою якістю вирішувати завдання моніторингу атмосфери і погодних явищ. Отримувана інформація безперервно передається на наземні приймальні станції в діапазоні 1,7 ГГц у режимі прямого віщання (Direct broadcast – DB). Відкритість інформації про параметри системи і відсутність обмежень на прийом даних дозволяють будь-якій організації вести прийом і збір цих даних за наявності відповідної апаратури.

Основні характеристики супутників NOAA, що діють на кінець 2012 року, наведені у табл. 1.2 [2].

Аналіз даних табл. 1.2 показує, що висоти, нахил орбіт та орбітальний періоди супутників NOAA є близькими, інформація на Землю передається у двох форматах з однаковою швидкістю (HRPT: 665 Кбіт/сек, APT: 9,6 Кбіт/ сек).

Таблиця 1.2 – Основні характеристики супутників NOAA, що діють на кінець 2012 року

NOAA 16		
Дата запуску	21 вересня 2000 р.	
Гарантований польотний ресурс	Не менше 2 років	
Maca	1457 кг	

Тип орбіти	Приполярна, сонячно-синхронна, близька до кругової		
Висота орбіти	Апогей: 858 км Перигей: 844 км		
Нахил	99,1 град		
Орбітальний період	102,1 хв		
Швидкість передачі даних	HRPT: 665 Кбіт/сек;		
кінцевому користувачеві	АРТ: 9,6 Кбіт/сек		
Прилади, що розташовані на борту	AVHRR/3; HIRS/3; AMSU-A1; AM- SU-A2; AMSU-B; SBUV/2; SAR- SAT; SEM/2; DCS/2		
NOA	A 18		
Дата запуску	20 травня 2005 р.		
Гарантований польотний ресурс	Не менше 2 років		
Maca	1457 кг		
Тип орбіти	Приполярна, сонячно-синхронна, близька до кругової		
Висота орбіти	Апогей: 866 км Перигей: 845 км		
Нахил	98,74 град		
Орбітальний період	102,12 хв		
Швидкість передачі даних	HRPT: 665 Кбіт/сек;		
кінцевому користувачеві	АРТ: 9,6 Кбіт/сек		
Прилади, що розташовані на борту	AVHRR/3; HIRS/4; AMSU-A1; AM- SU-A2; MHS; DCS/2; SARSAT; SBUV/2; SEM/2		
NOA	A 19		
Дата запуску	6 лютого 2009 p.		
Гарантований польотний ресурс	Не менше 2 років		
Maca	1457 кг		
Тип орбіти	Приполярна, сонячно-синхронна, близька до кругової		
Висота орбіти	Апогей: 866 км Перигей: 846 км		
Нахил	98,7 град		
Орбітальний період	102,1 хв		
Швидкість передачі даних	HRPT: 665 Кбіт/сек;		
кінцевому користувачу	АРТ: 9,6 Кбіт/сек		

	AVHRR/3; HIRS/4; AMSU-A1; AM-			
Прилади, що розташовані на борту	SU-A2;	MHS;	DCS/2;	SARSAT;
	SBUV/2;	SEM/2		

Крім того, з табл. 1.2 видно, що на борту розташовані різноманітні прилади, які дозволяють застосовувати інформацію супутників NOAA у наступних областях [3]:

а) в екології для:

□ виявлення крупних промислових викидів і моніторингу їх подальшого розповсюдження;

□ виявлення крупних скидань забруднюючих речовин у водоймища;

□ виявлення і оцінки масштабів катастрофічних повеней;

□ моніторингу великих регіонів з метою виявлення небезпечних джерел забруднення;

□ моніторингу пісочних буревіїв;

б) у метеорології для:

□ відновлення вертикального профілю температури і вологості атмосферного повітря;

□ оперативного прогнозу ділянок сильного циклогенезу;

□ візуального відображення стану погоди і складання синоптичних карт;

🗆 оцінки стану і контролю динаміки сніжного покрову;

в) у сільському і лісовому господарстві для:

□ контролю за виникненням і розповсюдженням лісових і степових пожеж;

г) в океанології і гідрології для:

🗆 оцінки льодової обстановки;

□ оперативного спостереження за зонами затоплень у період весняної повені і паводку.

Розглянемо більш докладно технічні характеристики і можливості основних приладів супутників NOAA.

1.2. Призначення та технічні характеристики основних приладів

Прилад AVHRR [5]. Радіометр високого просторового розрізнення AVHRR/3 являє собою 6-канальний радіометр для отримання зображень у видимому та інфрачервоному діапазонах спектра. Він призначений для вимірювання хмарного покриву, температури поверхні морів та характеристик льодового, сніжного і рослинного покрову.

Прилад AVHRR є типовим сканером. Відмітною особливістю приладу

AVHRR є можливість приймати сигнал у вікні прозорості атмосфери 10 - 12 мкм. Це дозволяє оцінювати температуру поверхні морів (sea surface temperature). Одночасно прилад дозволяє приймати сигнал у видимій і в ближній інфрачервоній областях спектра під час складання повного зображення поверхні Землі за одну добу. Це, за достатньо довгого часу спостережень, дозволяє оцінювати поточні зміни рослинності планети (vegetation indices). Основні напрямки з використання радіометра AVHRR представлені у табл. 1.3.

Канал	Довжина хвилі (мкм)	Типове використання
1	0,58 - 0,68	Спостереження за денними хмарами і поверхнева картографія
2	0,725 - 1,00	Визначення межі вода-земля
3A	1,58 - 1,64	Спостереження за сніговою обстановкою і виявлення криг
3B	3,55 - 3,93	Спостереження за вечірніми хмарами, визначення морської поверхневої температури
4	10,30 - 11,30	Спостереження за вечірніми хмарами, визначення морської поверхневої температури
5	11,50 - 12,50	Визначення морської поверхневої температури

Таблиця 1.3 – Використання радіометра AVHRR

Технічні характеристики радіометра AVHRR наведені у табл. 1.4. Як видно з даних таблиці, прилад AVHRR має не дуже хорошу просторову розрізнювальну здатність порядка 1,1 км, але достатньо широку смугу огляду – близько 3000 км. Повна розрізнювальна здатність камер радіометра (1 км/пкс) передається у цифровому форматі HRPT (Передача Картинки з Високим Розрізненням) на частоті 1,7 ГГц. Для аналогового режиму АРТ (Автоматична Передача Картинки) на частоті 137 МГц інформація передається за допомогою AM/ЧМ модуляції випромінювання з шириною смуги близько 40 кГц [4]. В одному сеансі аналогового режиму APT апаратурою AVHRR передаються зображення тільки двох спектральних каналів з п'яти: видимого VIS (у денний час доби) або середнього інфрачервоного і дальнього інфрачервоного IR із зменшеною просторовою (4 км/пкс) і радіометричною (8 біт) розрізнювальною здатністю. В цьому режимі інформація передається часовим мультиплексуванням, тобто по черзі, у каналах A і B [2].

Таблиця 1.4 – Техні	чні характеристики	радіометра AVHRR
---------------------	--------------------	------------------

Швидкість сканування	6 Гц (0,1667 с)
Тип сканування	Лінійне по куту
Кут поля зору (IFOV)	0,0745 град
Просторова розрізнювальна здатність у надирі	1,1 км
Кількість елементів (пікселів) у рядку	2048
Кут огляду	± 55,37 град
Смуга огляду	± 1464 км
Спектральний діапазон	0,6 – 12 мкм
Гарантований польотний ресурс	5 років
Розміри	300 х 360 х 800 мм
Maca	33 кг
Вихідний потік даних	1,4 Мбіт/с

Приклади зображень, отриманих під час обробки даних приладу AVHRR, представлені на рис. 1.4 – 1.6.



Рисунок 1.4 – Знімок підстилаючої поверхні за даними другого каналу AVHRR. Територія України (18.09.2012)



Рисунок 1.5 – Температура яскравості за даними п'ятого каналу AVHRR. Територія України (18.09.2012)



Рисунок 1.6 – Вегетативний індекс (The Normalized Difference Vegetation Index) території України (18.09.2012)

Інфрачервоний зонд високого розрізнення HIRS/4 [5]. Атмосферний зонд призначений для вимірювання вертикального профілю температури і вологості, температури поверхні Землі, параметрів хмарності і вмісту озону в атмосфері. Інфрачервоний зонд містить 19 ІЧ каналів (3,8 – 15мкм) і 1 канал у видимому діапазоні. Технічні характеристики зонда високого розрізнення HIRS/4 наведені у табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики зонда високого розрізнення HIRS/4

Період сканування	6,4 c
Тип сканування	Покрокове
Кут поля зору (IFOV)	0,69 град
Просторова розрізнювальна здатність у надирі	10 км
Кількість елементів (пікселів) у рядку	56
Кут огляду	± 49,5 град
Смуга огляду	± 1092 км
Спектральний діапазон	0,69 – 15 мкм
Гарантований польотний ресурс	5 років
Розміри	410 х 460 х 690 мм
Maca	35 кг
Вихідний потік даних	2,88 Кбіт/с

Багатоканальний НВЧ радіометр AMSU-A (A1 i A2) [5]. НВЧ радіометр призначений для зондування температури у будь-яких погодних умовах. Багатоканальний НВЧ радіометр містить 15 каналів у діапазоні від 23 до 90 ГГц. Технічні характеристики багатоканального НВЧ радіометра AMSU-A наведені у табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики багатоканального НВЧ радіометра AMSU-A

Період сканування	8 c
Тип сканування	Покрокове
Кут поля зору (IFOV)	3,3 град
Просторова розрізнювальна здатність у надирі	48 км
Кількість елементів (пікселів) у рядку	30

Кут огляду	± 48,33 град
Смуга огляду	± 1037 км
Діапазон частот	23 – 89 ГГц
Гарантований польотний ресурс	3 роки
Розміри	А1: 736 х 413 х 608 мм;
	А2: 635 х 744 х 688 мм
Maca	А1: 54 кг; А2: 50 кг
Вихідний потік даних	А1: 2,1 Кбіт/с;
	А2: 1,1 Кбіт/с

Мікрохвильовий зонд MHS [5]. Самоналагоджувальний п'ятиканальний мікрохвильовий радіометр призначений для збору інформації про вміст водяної пари в атмосфері. Технічні характеристики мікрохвильового зонда MHS наведені у табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Технічні характеристики мікрохвильового зонду MHS

Період сканування	2,67 c
Тип сканування	Безперервне
Кут поля зору (IFOV)	1,1 град
Просторова розрізнювальна здатність у надирі	16 км
Кількість елементів (пікселів) у рядку	90
Кут огляду	± 49,44 град
Смуга огляду	± 1089 км
Робочий діапазон частот	89 — 190 ГГц
Гарантований польотний ресурс	5 років
Розміри	750 х 690 х 570 мм
Maca	63 кг
Вихідний потік даних	3,9 Кбіт/с

Монітор космічного простору SEM-2[5]. Багатоканальний спектрометр заряджених частинок призначений для вимірювання складу радіаційних поясів Землі і щільності потоку сонячних частинок. SEM включає модуль обробки даних PDU і два сенсори – детектор сумарної енергії TED (протони та електрони у діапазоні 0,05 – 20 кеВ) і детектор протонів та електронів середніх енергій MEPED, що забезпечує класифікацію частинок за типом, напрямом польоту та енергії (30 – 6 900 кеВ для протонів, 30 – 300 кеВ для електронів). Технічні характеристики монітора космічного простору SEM-2 наведені у табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Технічні характеристики монітора космічного простору SEM-2

Maca	ТЕD: 4,7 кг; МЕРЕD: 8,7 кг; DPU: 4,6 кг.
Розміри	TED: 184 x 314 x 193 мм; МЕРЕD: 282 x 252 x 138 мм; DPU: 287 x 267 x 79 мм
Вихідний потік даних	160 біт/с

Система збору даних A-DCS/2 [5]. Система збору даних з платформ і передачі їх на космічні апарати (робочий діапазон – 401,650 МГц). Система призначена для збору і розповсюдження даних про вимірювання температури, тиску, вологості, рівнів моря. Крім того, система може здійснювати контроль за дрейфом океанських буїв і може бути задіяна для вивчення шляхів міграції живої природи. Дані потім передаються користувачу через мережу Argo.

А-DCS складається з приймача (RPU), який приймає сигнали від діючих платформ, і передавача (TXU), що забезпечує передачу даних користувачу. Приймач RPU працює на частоті 401,650 МГц і може обробляти одночасно 12 повідомлень (три – 4,8 біт/с і дев'ять – 400 біт/с). Прийнятий сигнал перетворюється у сигнал IF, який дозволяє визначити розташування кожної платформи з точністю 150 – 1000 м. Повідомлення терміналам призначеного користувача передається на частоті 465,9875 МГц з швидкістю 200 біт/с або 400 біт/с.

Фур'є спектрометр для зондування атмосфери IASI [5]. Фур'є спектрометр призначений для вимірювання температури, водяної пари, концентрації озону та інших газових складових атмосфери. Технічні характеристики Фур'є спектрометра для зондування атмосфери IASI наведені у табл. 1.9.

Таблиця 1.9 – Технічні характеристики Фур'є спектрометра для зондування атмосфери IASI

Період сканування	8 c
Тип сканування	Покроковий
Кут поля зору (IFOV)	0,8225 град
Просторова розрізнювальна здатність у надирі	12 км

Кількість елементів (пікселів) у рядку	2 рядки по 60 пікселів
Кут огляду	± 48,98 град
Смуга огляду	± 1066 км
Спектральний діапазон	645 – 2760 см -1
Спектральне розрізнення	0,25 см -1
Гарантований польотний ресурс	5 років
Розміри	1,2 х 1,1 х 1,3 м
Maca	236 кг
Вихідний потік даних	1,5 Мбіт/с

Приймач Глобальної Супутникової Навігаційної Системи (GPS) для зондування атмосфери GRAS [5]. Радіозатемнений приймач призначений для отримання інформації високої точності про температуру і вологість у стратосфері та у верхніх шарах тропосфери, що використовує сигнали супутників системи GPS. Технічні характеристики приймача GPS для зондування атмосфери GRAS наведені у табл. 1.10.

Таблиця 1.10 – Технічні характеристики приймача GPS для зондування атмосфери GRAS

Maca	29,3 кг	
Вихідний потік даних	Середній: 27 К	біт/с;
	Максимальний: 60 Кб	іт/с.

Скатерометр ASCAT [5]. Скатерометр призначений для глобальних вимірювань напряму та швидкості приводного вітру. Крім того, він може використовуватися для спостереження за полярною кригою і тропічною рослинністю. Імпульсна РЛС працює в С-діапазоне на частоті 5,255 ГГц, з вертикально поляризованою антеною. В РЛС формується довгий імпульс з лінійною частотною модуляцією. Відбитий від Землі сигнал виявляється і проводиться його спектральний аналіз. Він має 2 смуги огляду шириною 500 км та просторове розрізнення < 50 км.

Апаратура системи пошуку і порятунку SARSAT (Search & Rescue) [5]. НВЧ-УВЧ передавач/обробник сигналів для виявлення кораблів і літаків, що терплять лихо, за сигналами автоматичних радіобуїв ELT і радіомаяків EPIRB.

Апаратура SARR отримує аварійні сигнали від кораблів і літаків, що

терплять лихо, на трьох окремих частотах, транслює їх до наземних терміналів користувачів (LUTs). Ці термінали обробляють сигнали, визначають розташування маяків і ця інформація передається до рятувального Центру (MCC).

Апаратура SARP-3 отримує і обробляє надзвичайні сигнали від кораблів і літаків, що терплять лихо, на частоті 406 МГц, визначає ім'я, частоту і час сигналу. Ці заздалегідь оброблені дані у реальному часі за допомогою апаратури SARR передаються терміналам системи SARSAT на Землі. Технічні характеристики апаратури системи пошуку і порятунку SARSAT наведені у табл. 1.11.

Енергоспоживання	SARP: 22 Bt, SARR: 47 Bt
ТХ частота	SARR: 1544,5 МГц (± 400 кГц)
RX частота	SARR: 121,5 (± 20 κΓμ), 243 (± 30 κΓμ), 406
	МГц (± 80 кГц), SARP: 406 МГц
Вихідний потік даних	SARR: 2,4 кбіт/с
Обробка	SARP: паралельно три отриманих/оброблених
	повідомлення
Об'єм пам'яті	SARP: 2048 повідомлень (за командою
	розширюється до 2560)
Розміри	SARR RPU: 365 мм х 280 мм х 194 мм,
	SARR RX: 458 мм x 458 мм x 166 мм,
	SARR TX: 350 мм х 369 мм х 122 мм
Maca	SARP RPU: 15 кг, SARR RX: 15,2 кг, SARR TX:
	5,2 кг

Таблиця 1.11 – Технічні характеристики апаратури системи пошуку і порятунку SARSAT

Спектрометр GOME (Global Ozone Monitoring Experiment) [5]. Спектрометр, що працює в ультрафіолетовому і видимому діапазоні, призначений для вимірювання радіації, відбитої від поверхні Землі і розсіяної в атмосфері. Технічні характеристики спектрометра GOME наведені у табл. 1.12.

Спектральний діапазон (нм)	240 - 790
Спектральне розрізнення (нм)	0,2-0,4
Просторове розрізнення (км2)	80 x 40
Покриття поверхні Землі (км)	120 - 1920
Кількість спектральних каналів	3500
Кількість поляризаційних каналів	30
Система калібрування	Спектральна лампа, Лампа білого світла, Розсіювач сонячного світла
Розміри	600 х 800 х 500 мм
Maca	68 кг
Інтерфейс вихідного потоку даних	400 Кбіт

Таблиця 1.12 – Технічні характеристики спектрометра GOME

Крім космічної компоненти система NOAA має систему управління та прийому інформації з супутників NOAA. Особливістю системи отримання знімків з супутників NOAA є те, що вони можуть прийматися як спеціалізованими станціями прийому знімків (у цифровому форматі HRPT і аналоговому форматі APT), так і саморобними приймачами (в аналоговому форматі APT). Крім того, знімки з супутників NOAA розповсюджуються безкоштовно у мережі INTERNET. Розглянемо технологію отримання космічних знімків з супутників NOAA, тобто склад, технічні характеристики наземної компоненти (станції прийому) та можливості прийому (отримання) знімків з супутників NOAA.

2. ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ З СУПУТНИКІВ NOAA

Технологія призначена для прийому, обробки та аналізу оперативних знімків супутників серії NOAA, які приймаються станцією прийому, для рішення задач моніторингу навколишнього середовища.

Апаратно-програмний комплекс прийому, обробки та аналізу оперативних знімків супутників серії NOAA являє собою комплекс взаємозв'язаних програмних та апаратних засобів і призначений для виконання наступних завдань:

 прийом у реальному режимі часу і запис на дискові накопичувачі інформації з полярно-орбітальних супутників серії NOAA;

– виконання попередньої обробки даних з метою визначення ділянок підстилаючої поверхні, над якими відсутні хмари;

 підготовка для надання споживачам отриманих даних, які можуть використовуватися для формування оптимального складу фонду космічних знімків з міжнародних геопорталів за критерієм відсутності над визначеними ділянками підстилаючої поверхні хмар;

– ведення довготривалого архіву знімків супутників серії NOAA, а також знімків з інших супутників, придатних для дешифрування міграції забруднень у приземній атмосфері і ґрунтах, на компакт-дисках (DVD).

Структурно технологія складається з наступних компонент:

 – апаратне забезпечення прийому супутникової інформації з полярноорбітальних супутників серії NOAA;

 програмне забезпечення прийому початкової інформації та підготовки її до візуалізації;

– програмне забезпечення попередньої обробки та візуалізації представлення результатів. Даний компонент здійснює візуальне представлення результатів обробки і передає ці результати споживачам.

Технологія дозволяє здійснювати прийом та обробку даних радіометра AVHRR, встановленого на борту супутників серії NOAA.

2.1. Апаратне забезпечення прийому знімків

Для вирішення завдань дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського "ХАІ" (м. Харків) встановлена станція прийому космічних знімків з супутників NOAA.

До складу станції входять (рис. 2.1):

-однодзеркальна параболічна антена у вигляді тарілки для спектрального

каналу 1700 МГц;

- поворотний пристрій G-5500 з дистанційним керуванням;
- понижуючий перетворювач (з 1700 МГц до 137 МГц);
- приймач HRPT 137;
- генератор (декодер) RIG-65;
- персональний комп'ютер (ПЕВМ) з двома моніторами;
- спеціальне програмне забезпечення.



Рисунок 2.1 – Структурна схема станції прийому космічних знімків з супутників NOAA

Станція прийому космічних знімків з супутників NOAA працює наступним чином. Параболічна антена настроюється (наводиться за азимутом і кутом місця) на діючий супутник NOAA, який знаходиться в даний момент часу у зоні радіовидимості станції прийому. Направлення антени на супутник здійснюється за допомогою поворотного пристрою G-5500 з дистанційним керуванням. Для визначення діючого супутника NOAA необхідно мати спеціальне програмне забезпечення, яке розміщується на ПЕВМ. Прийнятий від супутника сигнал надходить на конвертер, який знаходиться у фокусі антени, де він попередньо підсилюється, тому що потужність прийнятого сигналу мала, близько 4 Вт. Потім сигнал поступає на вхід понижуючого перетворювача, в якому частота прийнятого сигналу знижується з 1700 МГц до 137 МГц. У приймачі HRPT 137 здійснюється підсилення і перетворення радіосигналу у звукові тони, які являють собою аналогові величини напруг. Генератор RIG-65 перетворює звукові тони у цифрові дані, які можуть оброблятися у ПЕВМ, тобто генератор виконує

функцію декодера та аналого-цифрового перетворювача даних. Далі за допомогою спеціального програмного забезпечення цифрове зображення записується на жорсткий диск ПЕВМ для подальшого аналізу та обробки.

На станцію прийому космічних знімків з супутників NOAA можуть бути покладені наступні функції:

– настроювання параметрів прийому, реєстрація та отримання первинної інформації;

 попередній аналіз інформативності прийнятого знімка щодо можливостей його використання для вирішення тематичних завдань;

- каталогізація та архівація знімка;

– тематичне дешифрування;

- синтез картографічних моделей.

Спочатку коротко розглянемо основні технічні характеристики елементів станції, а потім можливі варіанти реалізації вказаних функцій.

2.1.1. Конструкція антен

Під час прийому знімків з супутника NOAA на якість зображення сильно впливає конструкція приймальної антени.

На рис. 2.2 показаний зовнішній вигляд прямофокусної однодзеркальної параболічної антени (тарілки) з конвертером, закріпленим в центрі, для спектрального каналу 1700 МГц, яка використовується у складі станції прийому знімків з супутників NOAA. Така антена призначена для прийому HRPT-сигналів з штучного супутника NOAA. Вона розміщується під прямим кутом до напряму на супутник.



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд однодзеркальної параболічної антени (тарілки) станції прийому знімків з супутників NOAA

Однодзеркальна параболічна антена складається з металевого дзеркала (рефлектора, тарілки) у вигляді усіченого параболоїда обертання. Діаметр тарілки складає D = 1,2 м, глибина – T = 205 мм. У фокусі параболоїда на відстані F = 439 мм (фокусна відстань) розташований конвертер для знімання прийнятого сигналу, попереднього підсилення і передачі його до приймача. Фокусну відстань можна розрахувати за допомогою виразу

$$F = \left(\frac{D[M]}{4}\right)^2 / T[M]$$

Для наведених вище параметрів тарілки відношення фокусної відстані до діаметра буде складати F/D = 0,365, що дозволяє зробити висновок про оптимальний вибір фокусної відстані для напівхвильового вібратора з контррефлектором у вигляді стрижня, для якого F/D лежить у межах від 0,35 до 0,4.

Сама антена (тарілка) є відбивачем – своєрідним дзеркалом, що концентрує падаючий на нього сигнал на приймачі – конвертері (рис. 2.3). Конвертер вже прийнятий сигнал перетворює у зрозумілий для приймача вигляд, попередньо підсилює і передає його по коаксіальному кабелю. Тому до самої тарілки ніяких проводів не підходить – вони підходять до конвертера. Комплект відбивача і конвертера і є супутниковою антеною.



Рисунок 2.3 – До пояснення принципу дії однодзеркальної параболічної антени

Дзеркало антени має параболічну форму. Прямофокусні антени є зрізом параболи, її вершиною і гілками. Вони розташовуються під прямим кутом до напряму на супутник і відбивають прийнятий сигнал у точку, яка розташована на осі параболи. У цій точці і розміщується конвертер. Залежно від того, наскільки далеко від центра антени розташований конвертер, антени також діляться на короткофокусні і довгофокусні. Коротко розглянемо основні характеристики дзеркальної параболічної антени [6, 7].

Ефективна площа антени. Ефективною площею називають таку площу, яка, якщо помножити на густину потоку потужності падаючої хвилі, дає потужність, яку антена віддає у навантаження. Ефективна площа антени визначається за формулою

$$A_{e\phi}(\theta,\varphi) = \frac{\lambda^2}{4\pi} DF^2(\theta,\varphi) , \qquad (2.1)$$

де λ – довжина хвилі;

$$D = \frac{4\pi}{\lambda^2} S_{e\phi}$$
 – коефіцієнт спрямованої дії антени;

 $F(\theta, \phi)$ – нормована амплітудна діаграма спрямованості антени;

 $S_{e\phi}$ – ефективна площа антени;

θ, *φ* – кут місця та азимут відповідно. Часто під ефективною площею розуміють її максимальне значення

$$A_{e\phi} = \frac{\lambda^2}{4\pi} D . \qquad (2.2)$$

Вводять також поняття коефіцієнта використання поверхні антени

$$\nu = \frac{A_{e\phi}}{A_e} = \frac{P_{_{H}}}{P_{_{na\partial}}} , \qquad (2.3)$$

де А₂ – геометрична площа поверхні антени.

Коефіцієнтом підсилення. Коефіцієнтом підсилення приймальної антени називається відношення потужності, що надходить до входу приймача під час прийому на дану антену, до потужності, що надходить до входу приймача від ізотропної антени без втрат за умови, що обидві антени узгоджені за поляризацією і узгоджені з приймачем.

Шумова температура приймальної антени. Важливим параметром будьякої радіолінії є відношення потужностей сигнал/шум на виході приймальної антени (на вході приймача)

$$\mathbf{Q} = \mathbf{P}_{c} / \mathbf{P}_{u} \tag{2.4}$$

За заданої потужності сигналу Рс це відношення можна збільшувати за рахунок зменшення потужності шуму Рш.

Розрізнюють:

зовнішні шуми антени, які викликані грозовими розрядами, космічним випромінюванням, тепловим радіовипромінюванням Землі (T \approx 300 K), тропосфери та іоносфери (рис. 2.4, де θ – кут місця);

внутрішні шуми антени, викликані флуктуаціями електронів в самій антені.

Оскільки зовнішні і внутрішні шуми за спектральним складом і заважаючим впливом еквівалентні, повну їх потужність можна визначити, складаючи потужності окремих складових.

У теорії приймальних пристроїв потужність теплових шумів визначається на основі рівняння Больцмана, яке зв'язує потужність шуму Рш (Вт) з шумовою температурою джерел шуму Т(К) і шириною смуги пропускання приймача (Гц)

$$P_{uu} = kT\Delta f , \qquad (2.5)$$

де k = $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град – постійна Больцмана.

Для збільшення відношення сигнал/шум потрібно знижувати шумову температуру приймального та антенного пристроїв. Сучасні малошумові антени мають ТА порядку (5...15)К. Це досягається звуженням головної пелюстки діаграми спрямованості, зменшенням рівня бічного випромінювання і збільшенням ККД антенно-фідерного тракту.



Рисунок 2.4 – Залежність шумової температури приймальної антени від частоти

Ширину діаграми спрямованості антени в азимутальній та кутомісцевій

площині можна приблизно розрахувати за допомогою виразів

$$2\theta_{0,5}^{\beta} \approx 1.2\lambda/D$$
, $2\theta_{0,5}^{\beta} \approx 1.3\lambda/D$, (2.6)

а коефіцієнт спрямованої дії (КСД) згідно виразу

КСД
$$\approx 5,5 \ (D/\lambda)^2$$
. (2.7)

Наведені вище характеристики антен впливають на якість приймання зображення на станції прийому інформації з супутників NOAA, тому під час вибору дзеркальної параболічної антени необхідно забезпечити необхідні показники цих характеристик.

Прямофокусна антена має свої недоліки і переваги. Оскільки конвертер розташований в центрі антени, прямо на шляху відбитих хвиль, то він затіняє собою деяку частину дзеркала. Із-за цього недоліку прямофокусні антени виготовляють великого діаметра. Вже у півтораметровій тарілці площа, що закривається конвертером, достатньо мала щодо площі дзеркала, щоб не брати її у розрахунок. Через те, що прямофокусна тарілка в анфас абсолютно кругла, вона концентрує хвилі у рівну точку на конвертері. Окрім цієї переваги, прямофокусна антена з великим діаметром найефективніше використовує площу свого відбивача, тому що хвиля приходить на всю її поверхню і від кожної незатіненої точки відбивається у конвертер. Через ці причини прямофокусні антени виготовляються великих розмірів і використовуються під час професійного прийому, де найважливішим є якість.

Також існують і недоліки тарілок цього типу. Прямофокусна тарілка має великий кут нахилу до горизонту, а це означає, що під час налаштування на один і той же супутник вона стоятиме більш "горизонтально". В результаті сніг, вода, осіннє листя і грязь скупчуватимуться на відбивачі і погіршуватимуть його властивості.

Супутникові антени найчастіше виготовляються із сталі або алюмінію. Параболічна прямофокусна антена з алюмінію відрізняється легкістю і стійкістю до корозії. В той же час алюмінієва конструкція "м'яка" і під час необережного обертання деформується. Більшою міцністю характеризується сталева антена, але вона важча і швидше руйнується під агресивною зовнішньою дією, чим алюмінієві аналоги.

Конвертер (Low Noise Blockconvertor, LNB) – це пристрій, що розміщується у фокусі тарілки, на який проектується сигнал з супутника. Конвертер перетворює прийнятий сигнал в електричний, який передається на приймальний пристрій. Конвертери бувають для різних діапазонів. Основний показник якості конвертора – його рівень шуму. Нормальним

вважається 0,6 – 0,7 дБ, але чим менше – тим краще. У конвертерів С-діапазону рівень шуму вимірюється у градусах. У сучасних конвертерах вбудовано все, що необхідне – поляризатор, опромінювач. Конвертори накручуються за допомогою різьби без паяння. Також необхідно, щоб місця з'єднання кабелю з конвертером були замотані ізоляційною стрічкою або загерметизовані термоусадкою.

Для передачі сигналу від супутникової тарілки на приймач також необхідний коаксіальний кабель. Кабель повинен мати хвилевий опір 75 Ом і довжину трохи більше відстані від антени до апаратури. На шляху прокладення кабелю він не повинен ламатися і дуже сильно перегинатися. Нарощувати і зшивати кабель не рекомендується. Вважається, що чим коротше кабель, тим краще. Це справедливо, коли йдеться про 50 або 100 метрів, але не коли кабель довжиною 10 – 20 метрів.

Для прийому АРТ-сигналів NOAA можна використовувати не тарілку, а наступні два типи антен:

1) Турнікетну антену або антену зі схрещеними диполями – найбільш простий тип спеціалізованих антен, які можна використовувати для прийому сигналів АРТ з супутників NOAA. На рис. 2.5 показана схема такої антени (а) і схема так званого трансформатора (б) [8].

Трансформатор робиться з відрізків кабелю – один відрізок з 50-омного кабелю типу RG-58 і два відрізки з 75-омного ("телевізійного") кабелю типу RG-59. Довжина цих відрізків обчислюється за формулою

$$L = 1/4 (300/137) V_{c\kappa}, \qquad (2.8)$$

де V_{ск} – коефіцієнт скорочення кабелю. Оцінні коефіцієнти скорочення для кабелів з різними діелектриками наступні [9]:

- з діелектриком з твердого поліетилену (маркірується англійськими буквами "РЕ" на ізоляції кабелю) V_л ≈ 0,66;

– з діелектриком зі спіненого поліетилену (маркування "FE") $V_{ar} \approx 0.8$;

– з пінополістиролу (маркування "FS") $V_{c\kappa} \approx 0,91;$

– Air Space Polyethylene (маркування "ASP") $V_{cr} \approx 0.84 - 0.88;$

– твердого тефлону (маркування "ST") $V_{c\kappa} \approx 0,694;$

– Air Space Teflon (маркування "AST") V_{cx} ≈ 0,85 - 0,9.



Рисунок 2.5 – Схема турнікетної антени (а) та схема трансформатора (б)

Турнікетна антена – всеспрямована, тобто немає потреби направляти її точно на супутник. За рахунок особливої форми вона дозволяє виключити вплив обертання площини поляризації радіохвиль під час їх розповсюдження від ШСЗ до спостерігача.

Антена "Quadrifilar Helix" (зустрічаються абревіатури "QHA", "QFH" і "QFHA"). На рис. 2.6 показана фотографія такої антени. Як і попередня, антена QHA всеспрямована і скоректована на обертання площини поляризації. Для виготовлення антени на 137 МГц необхідні наступні матеріали і устаткування [9]:

- відрізок каналізаційної труби діаметром 50 мм завдовжки 1,5 м;
- трубка мідна пряма діаметром 15 мм довжиною 1,42 м;
- трубка мідна у бухті, (м'яка) діаметром 15 мм, довжиною 3,112 м;
- куточки мідні з кутом 90 градусів 10 штук;
- заглушка на каналізаційну трубу 1 штука;
- пальник для паяння трубок.



Рисунок 2.6 – Антена "Quadrifilar Helix"

Для обертання однодзеркальної параболічної антени (тарілки), яка використовується в станції прийому космічних знімків з супутників NOAA, що розташована в XAI, застосовується **поворотний пристрій Yaesu G-5500 з дистанційним керуванням**. На рис. 2.7 показана фотографія поворотного пристрою (ротатора) та блоку дистанційного керування [10].



Рисунок 2.7 – Поворотний пристрій Yaesu G-5500

Поворотний пристрій Yaesu G-5500 складається з двох частин: ротатора і пульта дистанційного керування. Ротатори дозволяють обертати середні і великі однонаправлені супутникові антени як у горизонтальній (азимутальній) (450 град), так і у вертикальній (кутомісцевій) (180 град) площині при дистанційному керуванні. Пульт дистанційного керування є настільним пристроєм.

Перед установкою антени необхідно з'єднати всі елементи ротатора і пульта дистанційного керування, як показано на рис. 2.8 [10], та провести їх випробування на землі, як описано нижче.



Рисунок 2.8 - Схема з'єднання ротатора і пульта дистанційного керування

Кабелі управління повинні мати шість дротів, кожен як мінімум розміром 20 AWG. Далі потрібно з'єднати кожен дріт з роз'ємами **AZIMUTH** та **ELE-VATION** на тильній панелі пульта дистанційного керування, переконавшись у відповідності номерів на роз'ємах, і вставити дроти у відповідні роз'єми в азимутальний та кутомісцевий ротатори.

Пульт дистанційного керування є настільним і має подвійну індикацію повороту антени в азимутальній (AZIMUTH — індикатор праворуч) та кутомісцевій (ELEVATION — індикатор ліворуч) площинах. В азимутальній площині ціна ділення індикатора дорівнює 15 ± 1 град, а у кутомісцевій площині — 7,5 ± 1 град. Крім того, на передній панелі пульта є п'ять клавіш управління:

дві ліві (чорного кольору) забезпечують управління у кутомісцевій площині, вниз (DOWN) і вгору (UP) відповідно;

дві праві (чорного кольору) забезпечують управління в азимутальній площині, ліворуч (LEFT) і праворуч (RIGHT) відповідно;

червоного кольору забезпечує вмикання та вимикання пульта (POW-ER).

Передня панель пульта дистанційного керування показана на рис. 2.9 [10].

Після з'єднання ротаторів і пульта необхідно переконатися, що клавіша **POWER** знаходиться у положенні **OFF** і приєднати електричний шнур до входу **AC** (перемінна напруга). Потім на пульті дистанційного керування необхідно включити клавішу **POWER** у положення **ON**. В результаті чого освітлюються обидва індикатори.



Рисунок 2.9 – Передня панель пульта дистанційного керування

Для перевірки працездатності кутомісцевого ротатора необхідно натиснути клавішу UP. Ротатор кута місця повинен повернутися і стрілка індикатора ELEVATION повинна рухатися вправо. Після того, як буде відпущена клавіша UP, необхідно переконатися, що ротатор повільно зупиняється. Потім такі ж дії проводять при натисканні клавіші DOWN замість клавіші UP. Ротатор кута місця повинен рухатися у протилежному напрямі і стрілка індикатора повинна рухатися вліво. Якщо цих дій не відбувається, то необхідно перевірити правильність з'єднання кабелю кута місця (з роз'єму ELEVATION).

Для перевірки працездатності азимутального ротатора необхідно натиснути клавішу LEFT. Азимутний ротатор повинен повернутися проти годинникової стрілки і стрілка індикатора AZIMUTH повинна рухатися вліво. Після того, як буде відпущена клавіша LEFT, необхідно переконатися, що ротатор повільно зупиняється. Потім такі ж дії проводять при натисканні клавіші **RIGHT** замість клавіші LEFT. Азимутний ротатор повинен повернутися за годинниковою стрілкою і стрілка індикатора повинна рухатися вправо. Якщо цих дій не відбувається, то необхідно перевірити правильність з'єднання кабелю азимута (з роз'єму AZIMUTH).

Після проведених перевірок приєднуються узгоджувальні вхідні опори на кабелі, що йдуть до ротатора.

Перед початком роботи необхідно на пульті керування встановити індикатори на 0. Для цього необхідно повернути гвинти **ADJ**, які показані на рис. 2.9, внизу кожного з двох індикаторів так, щоб стрілка кожного індикатора вказувала на лівий край масштабної шкали. Потім необхідно повернути пульт керування тильною стороною і виконати наступні операції. Тильна панель пульта дистанційного керування показана на рис. 2.10 [10].

Для настроювання азимутального індикатора необхідно натиснути і тримати клавішу LEFT, щоб азимутальний ротатор обернувся до повної зупинки, що відповідає показанню стрілки індикатора AZIMUTH 0 град. Відзначають точну позицію ротатора (роблять відмітку), а потім натискають і тримають клавішу RIGHT, щоб азимутальний ротатор повернувся на 360 град до зробленої відмітки. Показання стрілки індикатора AZIMUTH повинно вказати точно на масштабній шкалі 360 град. Якщо є розбіжність, індикатор регулюють потенціометром FULL SCALE ADJ у верхньому лівому куті тильної панелі пульта керування вище за роз'єми AZIMUTH. Потім знову необхідно натиснути клавішу RIGHT, щоб продовжилося обертання ротатора за годинниковою стрілкою, поки він не досягне повної зупинки. Показання стрілки індикатора AZIMUTH повинно вказати на масштабній шкалі 90 град.



Рисунок 2.10 – Тильна панель пульта дистанційного керування

Для настроювання кутомісцевого індикатора необхідно натиснути і тримати клавішу **DOWN**, щоб кутомісцевий ротатор обернувся до повної зупинки, що відповідає показанню стрілки індикатора **ELEVATION** 0 град. Відзначають точну позицію ротатора (роблять відмітку), а потім натискають і тримають клавішу **UP**, щоб кутомісцевий ротатор повернувся на 180 град (до повної зупинки). Показання стрілки індикатора **ELEVATION** повинно вказати точно на масштабній шкалі 180 град. Якщо є розбіжність, індикатор регулюють потенціометром **FULL SCALE ADJ** у верхньому правому куті тильної панелі пульта керування вище за роз'єми **ELEVATION**.

Натильній панелі пульта дистанційного керування також розташовується роз'єм зовнішнього управління (EXTERNAL CONTROL) для встановлення зв'язку з комп'ютером або іншим пристроєм відображення та керування.

Якщо використовується кабель GS-232 для з'єднання з комп'ютером, то він приєднується до роз'єму **EXTERNAL CONTROL** і прикріплюється на місці нейлоновим кабельним затиском. Виходи роз'єму **EXTERNAL CON-TROL** показані на рис. 2.11 і мають наступні функції [10]:

– на вихід 6 подається постійна напруга від 2 до 4,5 В, що відповідає азимуту від 0 град до 360 град;

– на вихід 1 подається постійна напруга від 2 до 4,5 В, що відповідає куту місця від 0 град до 180 град;

 – вихід 4 з'єднаний з роз'ємом 8 і забезпечує обертання ротатора вліво (проти годинникової стрілки);

 – вихід 2 з'єднаний з роз'ємом 8 і забезпечує обертання ротатора вправо (за годинниковою стрілкою); - вихід 5 з'єднаний з роз'ємом 8 і забезпечує обертання ротатора вгору;

- вихід 3 з'єднаний з роз'ємом 8 і забезпечує обертання ротатора вниз;

– на вихід 7 подається постійна напруга від 13 В до 6 В і величиною струму до 200 мА;

- вихід 8 є погоджувальним.



Рисунок 2.11 – Виходи роз'єму **EXTERNAL CONTROL**

Узагальнені технічні характеристики антенного поворотного пристрою наведені у табл. 2.1 [10].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики антенного поворотного пристрою

Характеристика	Чисельне значення
Необхідний кабель	12-дротяний (2x6)
Напруга живлення	117/220 B
Напруга роботи двигуна	24 B
Гальмуючий момент	
Азимутний ротатор	40,0 кг·м
Ротатор кута місця	40,0 кг·м
Обертаючий момент	
Азимутний ротатор	14,0 кг·м
Ротатор кута місця	6,0 кг·м
Діаметр щогли	38-63 мм
Діаметр бума	32-43 мм
Вертикальне навантаження	
Азимутний ротатор	30,0 кг·м
Ротатор кута місця	200,0 кг·м
Час повороту	
Азимутний ротатор (360 град)	58 c

Ротатор кута місця (180 град)	67 c
Максимальний час операцій повороту	5 хв
Площа вітрового навантаження	1,0 м2
Вага	9 кг (ротатор)
3 кг (блок керування)	

Таким чином, до складу антенної системи станції прийому космічних знімків з супутників NOAA, що розташована в XAI, входять однодзеркальна параболічна антена у вигляді тарілки для спектрального каналу 1700 МГц, конвертер та поворотний пристрій (ротатор) Yaesu G-5500 з дистанційним керуванням.

2.1.2. Основні характеристики приймачів

До приймальної системи станції прийому космічних знімків з супутників NOAA, що розташована в XAI, належать понижуючий перетворювач (з 1700 МГц до 137 МГц), приймач HRPT 137 та генератор RIG-65 (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – Структурна схема приймальної системи

Сигнал з виходу антенної системи надходить на понижуючий перетворювач (1700 МГц до 137 МГц), який відображається на рис. 2.13.



Рисунок 2.13 – Понижуючий перетворювач (1700 МГц до 137 МГц)

Напруга живлення понижуючого перетворювача дорівнює 15 – 18 В, а величина струму – 150 мА, при цьому коефіцієнт підсилення дорівнює 50
дБ. Понижуючий перетворювач здійснює перетворення чотирьох основних частот:

1691,0 МГц \rightarrow 134,0 МГц; 1694,5 МГц \rightarrow 137,5 МГц; 1698,0 МГц \rightarrow 141,0 МГц; 1707,0 МГц \rightarrow 150,0 МГц.

Структурна схема понижуючого перетворювача наведена на рис. 2.14 [11].



Рисунок 2.14 - Структурна схема понижуючого перетворювача

Розглянемо роботу понижуючого перетворювача. Сигнал з конвертера вхід малошумлячого підсилювача (МШП). Оскільки надходить на потужність сигналу незначна, то сам підсилювач повинен мати низький рівень власного шуму. На цьому етапі відбувається посилення сигналу. Під час вибору перетворювача особливу увагу необхідно звернути на коефіцієнт шуму, який є одною з основних характеристик перетворювача. Далі сигнал перетворюється у смуговому фільтрі (СФ). За допомогою смугового фільтра відбирається лише потрібна частина спектра сигналу, а інші – блокуються. Потім сигнал проходить через змішувач (ЗМ). Спочатку відбувається зниження частоти сигналу, яке здійснюється відніманням частоти гетеродина (Гет) з частоти сигналу, що приймається. Далі сигнал надходить до попереднього підсилювача проміжної частоти (ППЧ), де відбувається його посилення. Виконання цих перетворень необхідне для подальшої якісної обробки сигналу у приймачі.

Після попереднього перетворення частоти прийнятий сигнал надходить на приймач HRPT 137, передня панель якого показана на рис. 2.15. Приймач забезпечує обробку сигналів форматів **HRI** та **HRPT**.



Рисунок 2.15 – Передня панель приймача HRPT 137

На передній панелі приймача є два індикатори, які дозволяють контролювати рівень сигналу (індикатор ліворуч – Signal) та якість узгодження (індикатор праворуч – Tune). Крім того, на передній панелі знаходяться два тумблера: вмикання та вимикання пристрою (ліворуч – ON, OFF) та вибору формату сигналу, що обробляється (праворуч – PDUS, HRPT). Праворуч від тумблерів розміщені три ручки управління. Ліва ручка FINE TUNE забезпечує точне настроювання узгодження приймача. За допомогою середньої ручки CHANNEL здійснюється вибір одного з п'яти частотних каналів (1, 2, 3, 4, 5) або ручного настроювання частоти (Man.) роботи приймача.

На станції прийому космічних знімків з супутників NOAA, що розташована в XAI, для прийому даних з супутників NOAA 16 та NOAA 19 використовується другий частотний канал приймача HRPT 137, який відповідає частоті – 1698,0 МГц \rightarrow 141,0 МГц, а для прийому даних з супутника NOAA 18 використовується третій частотний канал – частота 1707,0 МГц \rightarrow 150,0 МГц.

Приймач має просту конструкцію, але не дуже простим є його настроювання на задану частоту. Це пов'язано з тим, що на частоті 137 – 138 МГц невелика зміна ручкою настроювання частоти (на долю міліметра) приводить до того, що на виході частота змінюється на декілька МГц.

Крім того, існує ще одна проблема під час вибору або розробки приймача, яка пов'язана з вибором відповідної смуги пропускання, що є одною з найважливіших характеристик приймачів. Девіація (максимальне відхилення частоти сигналу від центральної) у сигналі з супутників приблизно 18 – 20 кГц. Це приблизно у п'ять разів більше, ніж у стандартних "зв'язкових" УКХ радіостанціях і приблизно 1/3 девіації "мовних" радіостанцій. Якщо приймати радіосигнал за допомогою звичайного "зв'язного" приймача, то

на зображенні будуть помітні шуми і спотворення, і отриману інформацією неможливо використовувати для рішення задач моніторингу довкілля. Якщо приймати сигнал звичайним "мовним" приймачем, то сигнал буде нестійким і на зображенні з'являться сильні фонові шуми. Тому необхідно використовувати приймач з потрібною смугою пропускання (30 – 50 кГц), яким є приймач НRPT 137. Тильна панель приймача HRPT 137 показана на рис. 2.16.



Рисунок 2.16 – Тильна панель приймача HRPT 137

На тильній панелі приймача HRPT 137 знаходяться вхідні та вихідні роз'єми, крім того, праворуч внизу підключається кабель живлення (230 V, 50 Hz) (електричний шнур) та знаходиться запобіжник (160 mA T). Зліва на тильній панелі пристрою розташований вихід (червоного кольору), з якого сигнал може бути переданий безпосередньо на звукову карту ПЕВМ. За ним праворуч розташований вихід аналогового сигналу (Analog eye out), поруч з ним вихід цифрового сигналу (TTL data out), який задіяний у станції прийому космічних знімків з супутників NOAA. З цього виходу сигнал подається на генератор RIG-65. Змінний потенціометр (RF gain) призначений для підстроювання частоти. Праворуч зверху розташований вхідний роз'єм (RF Input from LNC), на який заводиться сигнал з виходу понижуючого перетворювача (1700 МГц до 137 МГц).

До приймальної системи станції прийому космічних знімків з супутників NOAA також входить генератор RIG-65, який забезпечує декодування інформації форматів: **HRI, HRPT** або **CHRPT**. Як видно з рис. 2.12, сигнал з приймача HRPT 137 надходить на вхід генератора RIG-65, де здійснюється його подальша обробка. На рис. 2.17 показана фотографія передньої панелі генератора RIG-65.



Рисунок 2.17 – Передня панель генератора RIG-65

Зверху на передній панелі генератора є дев'ять індикаторів у вигляді лампочок різного кольору, які дозволяють контролювати параметри роботи пристрою. Шість лівих лампочок (1, 2, 3, 4, 5, I) вказують на робочі канали прийому інформації (CHANNEL). Якщо лампочка з номером відповідного каналу горить зеленим світлом, то канал у роботі. Помаранчеве світло індикатора з літерою I свідчить, що працюють всі п'ять каналів одночасно. Індикатор Sync свідчить про наявність синхронізації з супутником (зелений колір – синхронізація є, червоний – синхронізації нема), а індикатор Err вказує на наявність помилки приймання інформації. Крім того, якщо горить індикатор помаранчевого кольору Alrm, то це сигналізує про те, що програмне забезпечення для прийому інформації з супутника включене і пристрій знаходиться у режимі очікування. Також на передній панелі пристрою понизу індикаторів роботи каналів генератора (1, 2, 3, 4, 5, I) знаходяться шість тумблерів (ON), які дозволяють вмикати та вимикати канали. Як було сказано вище, якщо канал включений, то індикатор світиться зеленим кольором. Окремо на передній панелі знаходиться тумблер Gen, Dec, що розміщується ліворуч, який визначає режим роботи генератора (положення Gen відповідає режиму генерування сигналу для контролю пристрою, а положення **Dec** задає режим декодування сигналу з супутника). Тумблер Man Auto, що розташований праворуч, визначає ручний (man) або автоматичний (auto) режим роботи пристрою (в ручному режимі (man) можна вибирати робочі канали пристрою тумблерами ON). Праворуч від тумблерів на передній панелі генератора також розміщується червона клавіша, яка забезпечує вмикання та вимикання пристрою.

На тильній панелі генератора RIG-65 (рис. 2.18) знаходяться вхідні та вихідні роз'єми, крім того ліворуч підключається кабель живлення (**220 V, 2 W**) (електричний шнур).



Рисунок 2.18 – Тильна панель генератора RIG-65

У центрі тильної панелі пристрою розташований LPT вихід (PC), з якого сигнал видається на ПЕВМ. Крім того, праворуч знаходиться вхідний (IN) та вихідний (OUT) роз'єми (HRPT). На вхід IN надходить сигнал з виходу TTL data out приймача HRPT 137.

Таким чином, до складу приймальної системи станції прийому космічних знімків з супутників NOAA, що розташована в XAI, належать понижуючий перетворювач (з 1700 МГц до 137 МГц), приймач HRPT 137 і генератор RIG-65.

Коротко зупинимося на характеристиках форматів, що використовуються у системі NOAA [12]. Супутники NOAA передають зображення у двох напіврядках з різним змістом (канал A і B), кожний з яких має власні синхронізуючі сигнали (7 імпульсів частотою 1040 Гц для каналу A і 7 імпульсів частотою 832 Гц для каналу B). Ці два напіврядки передають зображення різних спектральних областей. Частота передачі – 120 рядків у хвилину, тобто два напіврядки кожну чверть секунди. Якщо супутник рухається з півночі на південь, відповідно, рядки починаються з лівого боку зображення. Канал A (ліва сторона) містить спектральний канал 2, а канал В (права сторона) – спектральний канал 4.

Формат High Resolution Picture Transmissions (HRPT) – цифровий, з високим розрізненням зображення. Зображення у цьому форматі передається на частоті 1,7 ГГц з просторовим розрізненням 1 км/пкс.

Формат Automatic Picture Transmissions (APT) – аналоговий. Інформація передається за допомогою АМ/ЧМ модуляції випромінювання з шириною смуги близько 40 кГц. Зображення земної поверхні передаються безперервно. Сигнал "Початок рядка" передається так само, як і у звичайному телевізійному сигналі – "синхроімпульсом". Сигнал частоти 2,4 кГц, модульований інформаційним відеосигналом, необхідно подати на вхід звукової карти і зробити декодування за допомогою спеціальної програми, щоб розглянути зображення на екрані монітора.

На рис. 2.19 [12] показані фотографії, отримані у форматі **АРТ** (праворуч), 4 км/пкс, знімок збільшений у 4 рази, та у форматі **HRPT**, 1 км/ пкс, дійсний розмір знімка (ліворуч).



Рисунок 2.19 – Знімки, отримані з супутника NOAA, у форматі **HRPT** (ліворуч) та у форматі **APT** (праворуч)

З порівняння знімків з супутника NOAA, наведених на рис. 2.19, видно, що формат **HRPT** забезпечує більш якісне зображення (контраст, детальність) у порівнянні з форматом **APT**.

2.2. Програмне забезпечення прийому початкової інформації та підготовки її до візуалізації

Для отримання та обробки знімків на станції прийому знімків з супутників NOAA, що розташована в XAI, застосовується персональний комп'ютер з двома моніторами (рис. 2.20).

Комп'ютер має наступні системні характеристики: процесор Intel Pentium з тактовою частотою 2,3 ГГц; оперативна пам'ять – RAM 512 Мбайт; відеоадаптер – 128 Мбайт; операційна система – Windows 98, під яку розроблене спеціальне програмне забезпечення запису знімків з супутників NOAA. Один монітор використовується для відображення характеристик супутників NOAA, другий для аналізу та обробки знімків. Для рішення цих задач використовується спеціальне програмне забезпечення.

Спеціальне програмне забезпечення дозволяє вирішувати наступні задачі:

– настроювання параметрів прийому, реєстрація та отримання первинної інформації;

 попередній аналіз інформативності прийнятого знімка щодо можливості його використання для вирішення тематичних завдань;

- каталогізація та архівація знімка;

- тематичне дешифрування.



Рисунок 2.20 - Станція прийому знімків з супутників NOAA

Програмне забезпечення прийому початкової інформації та підготовки її до візуалізації містить дві спеціалізовані програми.

1. Програма **WXtrack** (інтерфейс програми – рис. 2.21) розрахунку розкладу проходження супутників через зону радіовидимості станції прийому знімків.



Рисунок 2.21 – Інтерфейс програми WXtrack

2. Програма WSat (інтерфейс програми – рис. 2.22) запису інформації з метеосупутників у форматах **HRPT, HRI, Raw.**

Wsat File hrpt01.dat	Record HRPT
File Edit View Zoom Lum threshold Record Channel Help Position [1x=1565,y=38] Pixel 323 Gamma 1.0 2 Satellite NOAA 16	Channel selection Sat type 1 2 3 4 5 All
	Status Recording Off
MASS WE	Sat name Line D Hardware select
	A Decoder
	Save J Kepler-load Advanced Exit
the second se	and the second

Рисунок 2.22 – Інтерфейс програми WSat.

Розглянемо більш докладно спеціалізовані програми, що використовуються для прийому початкової інформації та підготовки її до візуалізації.

2.2.1. Опис спеціалізованої програми WXtrack

Програма WXtrack призначена для розрахунку розкладу проходження супутників через зону радіовидимості станції по орбітальних елементах супутників з подальшим оновленням через мережу INTERNET. Крім того, програма забезпечує контроль характеристик діючих супутників.



Після встановлення програми на ПЕВМ на екрані монітора з'являється ярлик запуску програми. Для запуску програми необхідно навести курсор на ярлик програми **WXtrack** і натиснути (клікнути) два рази на ліву кнопку миші. Після цього на екрані монітору з'являється запит на оновлення ефемерид за допомогою INTERNET, показаний на рис. 2.23. Якщо є необхідність оновлення ефемерид

супутників через мережу INTERNET, необхідно натиснути кнопку **Retry**, а якщо такого оновлення не потрібно, натикають кнопку **Ignore**. Після оновлення ефемерид супутників програма запускається без цього вікна.

₩arning	×
	Warning: Satellite Data is Stale. Your data contains some entries that are more than 40 days old or entries for geostationary satellites that are more than 90 days old. Use the View, Satellite data menu for details of the actual satellite data, or to change the threshold.
	Click Retry to update from the Internet Click Ignore to use the stale data Click All to see the data Click Help for more information.
	Betry Ignore All Help

Рисунок 2.23 – Запит на оновлення ефемерид за допомогою INTERNET

Після натиснення, наприклад, кнопки Ignore на екрані монітора з'являється інтерфейс програми **WXtrack**, який показаний на рис. 2.24. Умовно інтерфейс програми **WXtrack** можна поділити на три основні функціональні блоки. У верхній частині розміщується блок управління програмою, у середній частині – блок відображення та у нижній частині – блок вибору супутника, який здійснює зйомку. Розглянемо більш докладно зміст інформації, яка міститься у кожному з цих трьох блоків.



Рисунок 2.24 – Зовнішній вигляд інтерфейсу програми WXtrack

Блок відображення знаходиться у середній частині інтерфейсу програми WXtrack і займає більшу частину екрана. Як видно з рис. 2.24 основою блоку відображення є розгорнута карта Землі (вигляд карти можна змінювати). По осі X відкладена довгота, а осі Y – широта у градусах з дискретністю 30 градусів. Ліворуч від 0 меридіану (Гринвіцького меридіану) західна довгота позначається літерою W, а праворуч – східна довгота позначається літерою E. Аналогічно, зверху над екватором північна широта позначається літерою N, а нижче екватора південна широта – літерою S. На фоні карти відображається положення Сонця – жовтим кружком, положення Місяця – чорно-білим кружком, крім того різним кольором показані зони на Землі, де у теперішній час ніч – темно-блакитний колір і де день – світло-блакитний колір (позначення зон можна змінювати). Із зміною часу положення цих об'єктів у блоці відображення змінюється.

На фоні карти також показуються ефемериди вибраного супутника (одна попередня, за минулий виток – сірого кольору та три помаранчевого кольору – поточна, на якій знаходиться супутник, і дві наступні ефемериди (кількість показаних ефемерид можна змінювати). Робочі ділянки ефемерид вибраного супутника також можуть показуватися синім кольором. Положення вибраного супутника на ефемериді позначається жирною крапкою синього кольору, поряд з якою розташовується його назва, наприклад NOAA 19. Попереднє положення супутника позначається невеликими крапками синього кольору. Зона зйомки супутника позначається штриховою лінією ліворуч і праворуч від позначки супутника, а зона радіовидимості супутника – суцільною лінією навколо позначки супутника, обидві синього кольору. Товщину, стиль і колір ліній можна задавати.

Якщо супутник не вибраний, але існує у позначеному каталозі, то його ефемериди і зона зйомки не відображаються. Відображаються коричневим кольором тільки його поточне (жирною крапкою) і попередні (невеличкими крапками) положення супутника та його зона радіовидимості.

На карті також показується чорним хрестом місце розташування станції прийому космічної інформації, на рис. 2.24 станція прийому розташована у м. Харків.

Блок вибору супутника, який здійснює зйомку, розміщений у нижній частині інтерфейсу і містить наступні елементи зліва направо.

Панель вибору часу, на якій можна вибрати, позначивши необхідне: поточний (реальний) час; час з файла; ручне управління часом.

За допомогою панелі вибору дати, часу і супутника у ручному режимі можна вручну встановити дату у лівому вікні та час у правому вікні. При цьому встановлення дати і часу здійснюється за допомогою позначок (трикутників), що розміщені праворуч вікон.



Натиснувши на трикутник праворуч вікна вибору дати з'являється зображення календаря на місяць з позначкою поточного дня. За допомогою календаря можна вибрати будь-який день, місяць і рік як у минулому, так і у майбутньому. Змінивши дату можна спостерігати, що у блоці відображення змінюється положення Сонця, Місяця, а також розташування нічного (темно-блакитний колір) та

денного (світло-блакитний колір) часу на карті Землі.

Позначивши години лівою кнопкою миші і натиснувши на верхній трикутник праворуч вікна вибору часу, поточний час буде збільшуватися на годину, а натиснувши на нижній трикутник – буде зменшуватися на годину. Так саме можна вибирати хвилини і секунди. При цьому також зміна часу призводить до зміни положення Сонця, Місяця і нічного та денного часу на карті Землі у блоці відображення програми.

Нижнє вікно дозволяє у ручному режимі вибирати супутник, який здійснює зйомку, натиснувши трикутник праворуч вікна. Перелік і характеристики супутників зберігаються у базі даних програми. Вибрати (занести до списку супутників, які відображаються у вікні **Satellite**) необхідні супутники з бази даних можна натиснувши на кнопку 1 цієї панелі. При цьому підключається вікно **Setup** блока управління програмою і за допомогою нього можна вибрати супутники. Як це робиться, буде описано нижче.

Коли у вікні вибраний супутник, який здійснює зйомку, наприклад, NOAA 19, у блоці відображення можна спостерігати його місце знаходження

- NOAA 19 [u] status
NOAR 13 [+] status
Az: 186,1° El: -26,9°
Lon: 30,5°E Lat: 14,9°S
Range: 7331km Alt: 860,4km

на карті, ефемериди та зону зйомки. Крім того, розташування вибраного супутника та його відстань від станції прийому у даний момент часу відображаються на панелі блока вибору супутника. На панелі

відображаються азимут (Az), кут місця (El), довгота (Lon), широта (Lat) знаходження супутника, дальність супутника від станції прийому у режимі зйомки (Range) та висота над рівнем моря (Alt).

Також у блоці вибору супутника, який здійснює зйомку, відображається

NOAA 19 [+] next pass in 12h 31m AOS: 00:11:39 UTC LOS: 00:18:05 UTC duration: 6m 26s, maximum elevation: 60° Following pass at: 10:02 - 10:09 UTC, 66° elev. інформація про час найближчого сеансу роботи з вибраним супутником. Ця інформація виводиться на відповідну панель. На панелі відображаються найближчий час зйомки та тривалість зйомки, максимальне відхилення кута місця вибраного супутника, а також початок, кінець і кут місця наступного сеансу з цим супутником. Якщо змінити супутник, який здійснює зйомку, то інформація на цих панелях також зміниться.

Також праворуч у блоці вибору супутника, який здійснює зйомку,

Picture from pass Make picture... розташовані дві кнопки. Натиснувши кнопку **Picture** from pass з'являється час у форматі UTC, повторне натиснення дозволяє переглянути поточний місцевий час, а ще одне натиснення виводить інформацію про час, який

залишився до найближчого ceancy з вибраним супутником. Натиснув кнопку **Make picture**... можна перейти до панелі **Ground Path** блока управління інтерфейсу програми **WXtrack**, яка буде описана нижче.

Крім того, у нижній частині блока вибору супутника відображаються інформація про поточне положення Сонця та Місяця (азимут (Az), кут місця (El)), а також дублюється інформація про поточну дату, час та параметри вибраного супутника: азимут (Az), кут місця (El), дальність супутника від станції прийому у режимі зйомки (Range), широту (Lat) і довготу (Lon) супутника та висоту над рівнем моря (Alt).

Moon: Az:181* El:55,7* 2012 Mar 25:11:39:40 Az: 186,1* El: -26,9* Range: 7331km Lat: 14,9*S. Lon: 3

Блок управління програмою розміщується у верхній правій частині інтерфейсу програми **WXtrack**. Він містить дві строки вкладок управління.

<u>F</u> ile	<u>0</u> p	otions	⊻iew	<u>T</u> racker	r <u>H</u> elp	
Set	ар	Wo	rld Map	🗍 Groun	d Path	Flight

Перша строчка містить вкладки для управління всією програмою в цілому, а друга – для управління вибором і

відображенням супутника, який здійснює зйомку. Спочатку докладно розглянемо зміст вкладок другої строчки блока управління програмою.

Вкладка Setup блоку управління програмою WXtrack. При натисканні у другій строчці блока управління вкладки Setup на екрані монітора з'являється вікно, яке показано на рис. 2.25.



Рисунок 2.25 – Вікно при натисканні вкладки Setup

Як видно з рис. 2.25, у вікні, що з'явилося, можна виділити чотири функціональні частини, які позначені цифрами. У першій частині (1) здійснюється вибір супутників з бази даних. Друга частина (2) забезпечує вибір шляху до баз даних та запису вихідних даних. Третя частина (3) відповідає за вибір місця розташування станції прийому космічної інформації. У четвертій частині (4) по заданим даним створюється і відображається графік проходження вибраних супутників через зону радіовидимості станції прийому. Розглянемо більш докладно зміст інформації у кожній частині.

1. Вибір супутників з бази даних. База даних супутників, з яких може приймати інформацію станція прийому, розміщується на жорсткому диску ПЕВМ, а перелік цих супутників відображається в алфавітному порядку у вікні зліва. Переглянути і знайти необхідний супутник можна вручну за допомогою скрол-бару, який розташований праворуч вікна **Available**.

Вибір супутників можна здійснити або методом переносу (натиснувши



ліву кнопку миші на назві вибраного супутника у лівому вікні Available і перетягти його у праве вікно Active), або натиснувши на вибраному супутнику два рази лівою При цьому кнопкою миші. назва супутника зникає V лівому вікні і з'являється у необхідно правому. Якщо додати інший супутник до списку, то необхідно виконати ті операції ще раз. Лля

виключення супутника з створюваного списку необхідно виконати зворотну операцію переносу назви супутника з правого вікна **Active** до лівого **Availa**-



ble. Всі зазначені у списку супутники будуть відображатися у блоці відображення інтерфейсу програми WXtrack.

Одночасно можна створити три різних списки супутників. Для цього необхідно вибрати позначку 1, 2 або 3 на панелі **Active bank**.

2. Вибір шляху до баз

даних та запису вихідних даних. Для вибору параметрів польоту (орбіт) і характеристик супутників, що зберігаються у базі даних, необхідно вказати шлях до цих даних на жорсткому диску ПЕВМ. Для цього можна прописати вручну цей шлях у верхньому вікні або використовуючи кнопку Browse вибрати шлях за допомогою дерева каталогу. Крім того, у середньому вікні необхідно прописати шлях до папки, де зберігаються знімки. Якщо шлях не створений, його можна зазначити за допомогою кнопки Add вибравши шлях з дерева каталогу. У нижньому вікні визначається шлях до папки з файлами результатів, порядок вибору такий, як був описаний вище.

3. Вибір місця розташування станції прийому космічної інформації. Для визначення місця розташування станції прийому космічної інформації необхідно знати географічні координати точки розгортання станції.

Якщо станція прийому космічної інформації розташовується у великих



містах, то їх географічні координати відомі і м о ж н а використовувати тільки назву міста.

Щоб дізнатися, чи є географічні координати міста у базі даних, необхідно переглянути назви міст у вікні **Choose location** або натиснувши кнопку **Cities** і вибравши країну переглянути перелік міст, які внесені у базу даних від цієї країни. Якщо місто у списку ϵ , то необхідно його виділити і занести до поточного списку, що зберігається у вікні **Choose location**. При цьому справа на панелі будуть відображені географічні координати міста **Longitude** і **Latitude** (довгота і широта), висота над рівнем моря у метрах **Height** та мінімальний кут нахилу **Minimum … elevation**.

Якщо міста у списку немає, то необхідно натиснути кнопку Edit і у вікні, яке відкриється, набрати інформацію про назву міста (Name), його географічні координати (широту (Latitude) і довготу (Longitude)), висоту над рівнем моря (Height) у метрах та мінімальний кут нахилу (Min. elevation). В результаті цих дій місто буде занесене до поточного списку, що зберігається у вікні Choose location. При цьому у базу даних, яка відкривається кнопкою Cities, місто не вноситься.

У вікнах Greenwich centred in ... °W to ... °E можна вибрати положення Гринвіцького меридіану (0 меридіану) на екрані монітора, коли показується карта у блоці відображення. Якщо станція прийому розташована у східній півкулі, а довгота, яка вибрана у вікні to ... °E, менше довготи точки розташування станції прийому, то 0 меридіан буде відображатися праворуч і ліворуч на екрані. При цьому у центрі екрана буде 180 меридіан і відповідна йому карта. Якщо довгота, яка вибрана у вікні **to** ... °E, більше довготи точки розташування станції прийому, то 0 меридіан і відповідна йому карта буде відображатися по центру екрана. Якщо станція прийому розташована у західній півкулі, а довгота, яка вибрана у цьому разі у вікні **to** ... °W, менше довготи точки розташування станції прийому, то 0 меридіан і відповідна йому карта буде відображатися праворуч і ліворуч на екрані, а якщо навпаки, то по центру екрана.



4 Створення та відображення графіку проходження вибраних супутників через зону радіовидимості станиії прийому. Після вибору супутників з бази даних та створення їх списку WXtrack програма дозволяє заланими за даними побудувати графік проходження вибраних супутників через 30HV радіовидимості станиії прийому.

Графік створюється на добу. Вибір дати можна здійснити, якщо натиснути на трикутник біля вікна вибору дати. При цьому з'являється зображення календаря на місяць з позначкою поточного дня. За допомогою календаря можна вибрати будь-який день, місяць і рік як у минулому, так і у майбутньому. На вибрану добу будується графік у порядку за часом проходження вибраних супутників через зону радіовидимості станції прийому, який відображається у вікні праворуч. Для кожного супутника вказуються зліва направо місяць, день, час, хвилина, секунда, довгота входу у зону дії станції, тривалість перебування у зоні радіовидимості станції прийому (у секундах) та назва супутника.

Якщо натиснути кнопку Get next pass, то у вікні буде виділений наступний за часом супутник, який буде входити у зону радіовидимості станції. Крім того, будуть активізовані нижчі три кнопки Map from pass, Picture from pass, Fly this pass. Ці три кнопки дозволяють звернутися до відповідних трьох панелей другої строчки блока управління для перегляду характеристик та параметрів вибраного супутника. Інформаційний зміст цих трьох панелей буде розглянуто нижче.

Переглянути графік проходження вибраних супутників через зону

радіовидимості станції прийому на наступні дні (максимум 28 наступних за вибраним днем) можна натиснувши на трикутнику поряд з кнопкою **Make pass list**. Крім того, можна задати час перебування супутників у зоні радіовидимості станції прийому і вносити до графіку тільки ті, які перебувають більше зазначеного часу. Ця операція здійснюється зміною часу (у секундах) у вікні **Minimum pass duration** з дискретністю 30 секунд.

Натиснувши кнопку **Print ephemeris** можна більш докладно переглянути параметри і характеристики всіх супутників, які знаходяться у побудованому графіку проходження вибраних супутників через зону радіовидимості станції прийому. При цьому з'являється вікно з чотирма вкладками (**Control, Ephemeris, Time Line, Pass Details**).

Вкладка **Control** (рис. 2.26) забезпечує вибір конкретного супутника або декількох супутників з списку, який знаходиться у вікні під назвою **Select one or more satellites**, для відображення їх параметрів польоту. Якщо вибирається один супутник, то необхідно натиснути лівою кнопкою миші на назві супутника у списку, при цьому назва буде виділена синім кольором. Якщо вибираються декілька супутників, то необхідно натиснути на клавіатурі клавішу **Ctrl** і не відпускаючи її лівою кнопкою миші позначити назви супутників у списку (назви супутників будуть позначені синім кольором, як це показано на рис. 2.26).

Також у вікні вкладки **Control** є можливість вибору дати (**Start (UTC**)), на яку необхідно переглянути параметри польоту супутника або побудови графіку прольоту супутників у зоні радіовидимості станції прийому від 1 до 366 днів (вибір у вікні **Lookahtad days**), на три тижні (кнопки **1**, **2**, **3 Weeks**) або на три місяці (кнопки **1**, **2**, **3 Months**).

У правій частині вікна вкладки **Control** є можливість вибору параметрів польоту супутників, які будуть відображатися у вікні вкладки **Ephemeris**. На панелі **List** можна вибрати показ часу входу і виходу з зони радіовидимості станції прийому, позначивши **AOS/LOS**, а можна вибрати середній час між часом входу і часом виходу з зони радіовидимості станції прийому, позначивши **Mid-pass**. На панелі **Mid-pass** можна вибрати показ середніх значень або кута місця, або азимута, під якими супутник буде проходити через зону радіовидимості станції прийому, позначивши **Longitude** або **Az-imuth** відповідно.

							s Details	Pas	ime Line P	eris 1	Ephem	ol	ontr
				τ× Ο.	2012	170	TIGRINIC	for	liction f	nra	nag	raci	
-				0°N	E, 50,	,16°	1 at 36	ted	ov, locat	hark.	in H	tio	Sta
		econds	150 \$	lea	for at	ees	0 degr	25,	: least 2	ion a	evati	s e.	Pas
		_											
			ng	ev 1	Mins H		LOS	-	AOS	lite	atell	:	N/S
					0)	(лет	урция	, т	Греция,				
			3°	1 *	7	40	03.07.	07	03.01.0	[+1	A 19	MO	g
			9°	6°	5	28	03:09:	33	03:04:3	[+]	A 18	NO	S
			8°	8°	6	22	03:42:3	09	03:37:0	1D	IGYUN	FEI	ŝ
			6°	2"	6	32	04:50:	04	04:45:0	[+]	A 18	NO	S
			5°	0"	6	23	05:23:3	02	05:18:0	1D	IGYUN	FEI	s
			4°	1°	6	30	08:14:	36	08:08:3	[P]	A 17	NO	s
			1°	9°	4	46	09:52:	42	09:49:4	[P]	A 17	NO	s
			0°	8"	7	50	10:05:	33	09:59:3	[P]	A 16	NO	s
			8"	7°	719	40	23:58:	38	12:00:3	r-7	EOSAT	ME 1	Ν
-			3°	6°	7	28	12:58:	14	12:52:1	[+]	A 19	NO	N
			- 0	~*	-	~ `		••	14 05 1		• ••	***	••
				_		_		_		_	_		_
Close	rint	F	as	Sa									

Рисунок 2.27 – Вигляд вікна вкладки Ephemeris

Нижче під рискою розміщується заголовок таблиці. Зліва направо виводиться інформація: з якої сторони супутник буде входити в зону радіовидимості станції прийому (з півночі (N) або з півдня (S)); назва супутника; час входу і виходу супутника у зону радіовидимості станції прийому; тривалість перебування супутника у зоні радіовидимості (у хвилинах); максимальне відхилення антени по куту місця та кут місця, під яким супутник входить у зону радіовидимості. На наступній строчці виводиться, за яким місцевим часом надається інформація. Далі інформація по кожному супутнику, упорядкована за часом входу супутника у зону радіовидимості станції прийому, виводиться у вигляді таблиці. Склад інформації по кожному супутнику може змінюватися у залежності від вибору параметрів у вікні вкладки **Control**.

У нижній частині вікна вкладки Ephemeris розміщуються три кнопки зліва направо: Save as... – зберегти як...; Print – друк, Close – закрити.

Вкладка **Time Line** (рис. 2.28) дозволяє переглянути графік проходження вибраних супутників через зону радіовидимості станції прийому у вигляді діаграми.

На діаграмі ліворуч розміщується список вибраних супутників, а праворуч від списку різнокольоровими точками визначені сеанси прийому інформації з супутників на визначену добу. Час, на який створюється діаграма (24 години – від 0 до 24), відкладається зверху на діаграмі з дискретністю три години (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21, 24). Кожен колір визначає кут нахилу антени станції прийому (при меншому куті нахилу антени можливий нестійкий прийом інформації, що може призводити до погіршення якості зображення, яке записується).



Рисунок 2.28 – Вигляд вікна вкладки Time Line

Відповідність кольору куту нахилу антени відображається у правому нижньому куті вікна вкладки **Time Line**. Коричневий колір відповідає куту нахилу $> 10^{\circ}$, червоний $- > 20^{\circ}$, жовтий $- > 30^{\circ}$, темно-зелений (салатовий) $- > 50^{\circ}$, світло-зелений $- > 70^{\circ}$. Щоб отримати більш детальну інформацію про сеанс прийому, необхідно натиснути лівою кнопкою миші на вибраній точці на діаграмі. При цьому у лівому нижньому куті вікна вкладки **Time Line** виводиться назва супутника, дата та час початку і закінчення сеансу за часом UTC, а також максимальний кут нахилу антени, можливий для даного сеансу, і час (за часом UTC), коли цей максимальний кут нахилу антени буде досягнутий.

Вкладка **Pass Details** (рис. 2.29) дозволяє докладно вивчити параметри польоту вибраних супутників для кожного з сеансів прийому інформації. У вікні вкладки **Pass Details** для кожного сеансу зверху у строчках наведені: назва супутника; поточні рік, місяць і дата, а також година, хвилина і секунда початку і закінчення сеансу.

Нижче у вигляді таблиці виводиться інформація про параметри польоту супутника. Перша строчка таблиці відповідає початку часу за 30 секунд до сеансу. Нижчі строчки таблиці виводяться з дискретністю одна хвилина. Остання строчка таблиці відповідає часу закінчення сеансу до кінця дискрети 1 хвилина. Зліва направо у кожній строчці таблиці виводиться: час, на який надається інформація; широта і довгота розташування супутника; частота, на якій приймається інформація; азимут і кут нахилу антени станції прийому; відстань від супутника до станції прийому у кілометрах. Зміст інформації по кожному супутнику може змінюватися у залежності від вибору параметрів у вікні вкладки **Control**.

У нижній частині вікна вкладки **Pass Details** розміщуються три кнопки зліва направо: **Save as...** – зберегти як...; **Print** – друк; **Close** – закрити.

WXtrack - Ephemeris generation	
Control Ephemeris Time Line Pass Details	
	
NOAA 19 [+] 2012-max-04 00:01:07 - 00:07:40	
00:01:23 61°N 39°E 0Hz 7° 28° 1564km	
00:02:23 58°N 37°E OHz 2° 40° 1241km	
00:03:23 54°N 35°E 0Hz 348° 57° 995km	
00:04:23 51°N 33°E 0Hz 291° 72° 894km	
00:05:23 47"N 31"E OHz 232" 58" 984km	
00:06:23 44°N 30°E 0Hz 217° 40° 1224km	
00:07:23 40"N 29"E OHz 211" 28" 1545km	
00:08:23 37"N 28"E OHz 208" 19" 1905km	
MONN 18 [+1 2012_weak_04 00:04:33 _ 00:09:28	
NORA 10 [+] 2012-Max-04 00.04.33 - 00.09.20	
	-
Save as Print	Close
T III K	0.036

Рисунок 2.29 – Вигляд вікна вкладки Pass Details

Вкладка World Map блока управління програмою WXtrack. При натисканні у другій строчці блока управління вкладки World Map на екрані монітора з'являється вікно, яке було показано на рис. 2.24. Фактично це вікно є інтерфейсом програми WXtrack. Як вже відзначалося вище, інтерфейс програми WXtrack умовно розподіляється на три основні функціональні блоки: блок управління програмою – у верхній частині; блок відображення – у середній частині; блок вибору супутника, який здійснює зйомку, – у нижній частині. Зміст інформації, яка міститься у блоці відображення і у блоці вибору супутника, що здійснює зйомку, було розглянуто вище.

Вкладка Ground Path блока управління програмою WXtrack. При натисканні у другій строчці блока управління вкладки Ground Path на екрані монітора з'являється вікно, яке показано на рис. 2.30.



Рисунок 2.30 – Зовнішній вигляд вкладки Ground Path

За допомогою вкладки Ground Path можна сформувати космічний знімок для супутника за допомогою картографічної моделі земної поверхні. Крім того, у вікні вкладки Ground Path існує можливість розміщення поруч сформованого космічного знімка (у лівому вікні вкладки Ground Path) з реальним супутниковим знімком (у правому вікні вкладки Ground Path). Це може бути зручним під час визначення областей на земній поверхні на реальному космічному знімку, які закриті хмарами, або при наявності на ньому спотворень.

У лівій частині вікна вкладки **Ground Path** розміщуються панелі настроювання параметрів попереднього перегляду знімку та вибору супутника, для якого формується картографічна модель космічного знімка.

Натиснувши на трикутник праворуч вікна вибору супутника можна з списку, який з'являється, задати назву супутника, для якого формується картографічна модель космічного знімка.

Нижче знаходяться вікна вибору дати і часу (у форматі UTC), встановлення яких здійснюється за допомогою позначок поруч з вікнами. При натисканні трикутника праворуч вікна вибору дати з'являється зображення календаря на місяць з позначкою поточного дня. За допомогою календаря можна вибрати будь-який день, місяць і рік як у минулому, так і у майбутньому.

Позначивши години лівою кнопкою миші і натиснувши на верхній трикутник праворуч вікна вибору часу, час у форматі UTC буде збільшуватися на одну годину, а натиснувши на нижній трикутник – час UTC буде



зменшуватися на одну годину. Так саме можна вибирати хвилини і секунди.

Нижче розміщується вікно дискретного вибору космічного знімку, який формується розміру картографічною моделлю. Натиснувши на верхній трикутник праворуч вікна, розмір космічного знімка збільшується, а натиснувши на нижній трикутник – розмір зменшується. Ліворуч від цього вікна знаходиться кнопка вибору сторони, з якої буде формуватися знімок, тобто проводиться моделювання входу супутника в зону радіовидимості станції прийому з півночі (--> N) або з півдня (--> S).

Вибравши назву супутника, дату і час, а також розмір космічного знімка і сторону, з якої буде формуватися знімок, можна сформувати знімок, натиснувши кнопку **Mike picture**. При цьому на

екрані монітора можна спостерігати формування знімка у лівому вікні вкладки Ground Path (знизу уверх або зверху вниз). Вигляд сформованого знімка наведений на рис. 2.31. Крім того, сформований знімок автоматично зберігається у файлі під назвою result. jpg у папці, де розміщена програма WXtrack.

Як видно на рис. 2.31, зліва і справа сформованої картографічної моделі космічного знімка розташовані дискретні позначки розміру знімку, кількість яких можна змінювати від 1 до 30.



Рисунок 2.31 – Вигляд вкладки Ground Path після завантаження знімку

Будь-який космічний знімок у праве вікно вкладки Ground Path можна завантажити з вкладки File першої строчки блока управління програмою WXtrack, натиснувши Open і вибрав назву файла. При цьому знімок повинен бути у формати .jpg. За допомогою кнопки Load picture можна завантажувати космічні знімки у спеціально визначеному форматі. Крім того, для того щоб завантажити знімок за допомогою кнопки Load picture, необхідно вказати шлях до папки, де зберігаються знімки. Якщо шлях не створений, його можна зазначити у вікні вкладки Setup за допомогою кнопки Add, вибравши шлях до дерева каталогу.



Космічні знімки можуть бути в одному з вибраних каналів: кольоровому, якщо позначити на панелі вибору знімка з супутника Colour; видимому – Visible; інфрачервоному – IR або базовому – Base. Також можна змінити масштаб знімка – збільшити у три рази, якщо поставити позначку Zoom. Але необхідно зазначити, що при цьому збільшується блочний ефект знімка та його якість погіршується.

Позначивши Scroll both можна здійснювати одночасне переміщення сформованого космічного знімка (у лівому вікні) і реального супутникового знімка (у правому вікні). Для цього необхідно

покажчик миші навести на скрол-барі праворуч лівого вікна, натиснути ліву кнопку миші і потягнути вниз або вверх. При цьому буде спостерігатися одночасне переміщення знімків як у лівому вікні, так і у правому вікні. Необхідно зазначити, що якщо ці дії провести з скрою-баром праворуч правого вікна, то буде переміщуватися тільки знімок у правому вікні, а у лівому залишиться на місці.

Після завантаження сформованого космічного знімка у нижній частині вікна вкладки **Ground Path** з'являється панель з наступною інформацією зліва направо:

- положення Сонця та Місяця (азимут (Az), кут місця (El));

- дата і час, на які формується картографічна модель космічного знімка;

– параметри супутника, для якого формується картографічна модель космічного знімка: азимут (Az), кут місця (El), дальність супутника від станції прийому (Range), широта (Lat) і довгота (Lon) супутника, висота над рівнем моря (Alt).

Вкладка Flight блока управління програмою WXtrack. При

Sun: Az:218° El:35,9° Moon: Az:181° El:55,7° 2012 Mar 25: 11:39:40 Az: 186,1° El: -26,9° Range: 7331km Lat: 14,9°S Lon: 30,5°E Alt: 860,4km

натисканні у другій строчці блока управління вкладки **Flight** на екрані монітора з'являється вікно, яке показано на рис. 2.32. За допомогою вікна вкладки **Flight** можна здійснити попередній перегляд всієї зони зйомки вибраного супутника під час його руху по орбіті за допомогою картографічної моделі земної поверхні.



Рисунок 2.32 – Зовнішній вигляд вкладки Flight

У нижній частині вікна вкладки **Flight** розміщуються кнопки і вікна управління. Натиснувши на трикутник праворуч вікна вибору супутника можна з списку, який з'являється, задати назву супутника, для якого формується картографічна модель зони зйомки.

Також за допомогою кнопки, яка розташована після напису Flight direction, можна здійснювати вибір напрямку польоту супутника, з якого буде формуватися зона зйомки (з півночі (--> N) або з півдня (--> S)).

Set flight :	start time		×
Date 2012 м.	ай 12 💌	Time (l 19:15	лтс) •
	OK		Cancel

Натиснувши кнопку Set flight start time з'являється вікно, в якому можна вибрати дату і час (у форматі UTC), на які здійснюється картографічне моделювання зони зйомки. При натисканні трикутника праворуч вікна вибору дати з'являється зображення календаря на місяць з позначкою поточного дня. За допомогою календаря можна вибрати будь-який день, місяць і рік як у минулому, так і у майбутньому.

Позначивши години лівою кнопкою миші і натиснувши на верхній трикутник праворуч вікна вибору часу, час у форматі UTC буде збільшуватися на одну годину, а натиснувши на нижній трикутник – час UTC буде зменшуватися на одну годину. Так саме можна вибирати хвилини. Після натиснення кнопки Ок запускається процес построчкового (полінійного) моделювання зони зйомки. На екрані монітора починає формуватися зона зйомки, як показано на рис. 2.33.



Рисунок 2.33 – Вигляд вкладки Flight у процесі формування зони зйомки

Номер строчки (лінії), яка моделюється, відображається у нижній частині вікна вкладки Flight за написом Line. Спочатку заповнюється певна кількість строчок (ліній) – 0747 строчок. Номера змінюються від більшого значення (0747) до меншого (0000). Коли будуть змодельовані всі ці строчки (лінії), починається моделювання наступних, а останні будуть виключатися з перегляду. При цьому можна вибирати, скільки строчок (ліній) будуть сформовані до переміщення зони зйомки вниз екрана. Поки йде формування цих строчок (ліній) зони зйомки, вони відображаються на екрані монітора чорним кольором, як це показано зверху на рис. 2.33. Для збільшення кількості строчок (ліній) необхідно натиснути на нижній трикутник праворуч вікна Scroll by, а для зменшення – натиснути на нижній

трикутник. Діапазон зміни кількості строчок (ліній) дорівнює від 1 до 16.

Крім того, для запуску моделювання можна натиснути кнопку Fly, яка змінює назву на Stop. Моделювання зони зйомки закінчується тільки при натисненні на кнопку Stop. При цьому на екрані монітора для перегляду залишаються останні 0747 строчок (ліній).

Розглянемо докладно зміст вкладок першої строчки блока управління

File Options View] Setup World Map	[racker <u>H</u> elp Ground Path Flight
File Options View Print pass list Printer setup	<u>I</u> racker <u>H</u> elp Ground Path Flight
Lon	

програмою.

Вкладка File блока управління програмою WXtrack. За допомогою вкладки File є можливість роздрукувати (Print pass list...) графік проходження вибраних супутників через зону радіовидимості станції прийому, а також налаштувати параметри принтера для друку (Print setup...).

Крім того, якщо вибрана вкладка Ground Path у вкладці File з'являється ще одна можливість друку – друк сформованого знімка (Print image). Також натиснув на Exit можна вийти (закінчити роботу) з програми WXtrack.

Вкладка Option блока управління програмою WXtrack. За

<u>F</u> ile	<u>Options</u>	$\underline{V} iew$	<u>T</u> racker	<u>H</u> elp
Set	<u>M</u> ap Line : Upda ✔ P <u>r</u> eci	projecti style ate rate sion dis	on 🕨 play	Path Flight
	<u>S</u> hov	۷	•	-72-5
60'N	<u>I</u> SS / ✓ <u>P</u> lay : <u>E</u> arly <u>T</u> ext <u>W</u> hat	'Shuttle sounds AOS w overlay t to sav	e Iarning e	
12.2	Upda	ate <u>K</u> epl	ers	

допомогою вкладки **Option** є можливість налаштувати параметри роботи програми.

По-перше, вибрати вигляд карти, на фоні якої проводиться відображення інформації (**Map projection**).

По-друге, вибрати стиль ліній, якими буде відображатися інформація (Line style...).

По-третє, вибрати інтервал часу, з яким буде проводитися оновлення ефемерид супутників (**Update rate**).

По-четверте, позначивши Precision display, можна підвищити чіткість дисплея.

По-п'яте, налаштувати параметри відображення інформації (Show).

По-шосте, можна вибрати показ на карті центрів прийому супутникової інформації, які знаходяться у базі даних програми (ISS/Shuttle...).

По-сьоме, позначивши **Play sounds**, можна включити звуковий супровід при роботі з програмою.

По-восьме, позначивши Early AOS warning, підключається раннє попередження про час входу супутника у зону радіовидимості станції

прийому.

По-дев'яте, вибрати склад тексту, який буде виводитися програмою (Text overlay...).

По-десяте, вибрати формат (**bmp**, **png**), у якому буде зберігатися оверлейна інформація, вибрати формат (**bmp**, **jpg**), у якому буде зберігатися сформоване за допомогою картографічної моделі зображення, а також шлях до папки, де ця інформація зберігається (What to save...).

Крім того, передбачена можливість оновлення баз даних через мережу INTERNET (**Update Keplers...**). Розглянемо більш докладно можливості вкладки **Option**.

Вибір вигляду карти, на фоні якої проводиться відображення інформації. Вибравши вкладку **Мар projection** можна задати одне з чотирьох представлень карти, на фоні якої відображається вся інформація (рис. 2.34, а-в).

Представлення карти у циліндричному рівновіддаленому вигляді показано на рис. 2.24.



а

Рисунок 2.34 – Вигляд карти, на фоні якої відображається інформація при виборі у вкладці **Мар projection**



б



В

Закінчення рисунку 2.34 – Вигляд карти, на фоні якої відображається інформація при виборі у вкладці **Мар projection**

На рис. 2.34, а показана карта в обмеженому азимутальному

рівновіддаленому вигляді. При цьому показується тільки зона радіогоризонту, центром карти є точка розташування станції прийому. На рис. 2.34, б наведена карта в азимутальному рівновіддаленому вигляді. На ній показана частина карти від північного полюса до екватора, центром карти є точка розташування станції прийому. На рис. 2.34, в показана карта у широкому азимутальному рівновіддаленому вигляді. При цьому показується розширена по широті і довготі частина карти поза північним полюсом і нижче екватора, центром карти є точка розташування станції прийому.

Досвід роботи з програмою **WXtrack** під час проведення сеансів приймання знімків на станції прийому знімків NOAA, яка розміщена в **XAI**, показує, що найбільш зручним виявляється представлення карти у циліндричному рівновіддаленому вигляді, яка показана на рис. 2.24.

Вибір стилю ліній. Вибравши вкладку Line style... з'являється вікно,



за допомогою якого можна налаштувати параметри ліній, якими відображається інформація.

Товщина лінії вибирається у вікні **Width** у діапазоні від 1 до 9. Натиснувши на верхній

трикутник праворуч вікна, товщина лінії збільшується на одиницю, а натиснувши на нижній трикутник – зменшується на одиницю. Вигляд товщини лінії, яка вибрана, відображається у вікні вкладки Line style... ліворуч.

Стиль лінії вибирається у вікні **Style**. При натисканні трикутника праворуч вікна з'являється список з типами ліній. За допомогою списку можна вибрати: суцільну, велику пунктирну, маленьку пунктирну, штрихпунктирну, штрих-пунктирну з двома крапками лінії, а також лінія може бути відсутньою. Вигляд типу лінії, який вибраний, відображається у вікні вкладки **Line style...** ліворуч.

Колір лінії вибирається за допомогою кнопки Set... праворуч напису Colour. При натисканні на кнопку Set... з'являється палітра з кольорами. Колір лінії, який вибраний, відображається у вікні вкладки Line style... ліворуч.

Необхідно зазначити, що товщину, стиль і колір лінії можна задавати для: основної зони радіовидимості (робочого супутника); зон радіовидимості інших супутників з списку; границі дня і ночі; зони радіогоризонту; ліній ефемерид; ліній сітки Землі; ліній границь на карті при представленні її в обмеженому азимутальному рівновіддаленому, азимутальному рівновіддаленому та широко розкритому азимутальному рівновіддаленому вигляді; місць розташування станції прийому інформації. Для вибору параметрів ліній для цих об'єктів необхідно вибрати відповідну вкладку зверху у вікні вкладки Line style....

Після натиснення кнопки **Ok** вибрані параметри ліній набирають сили. **Вибір інтервалу часу, з яким буде проводитися оновлення ефемери**д



супутників. Вибравши вкладку Update rate, з'являється вікно з переліком восьми інтервалів часу оновлення ефемерид супутників: 60 секунд; 30 секунд; 20 секунд; 15 секунд; 10 секунд; 5 секунд; 2 секунди; 1 секунда.

Для вибору конкретного інтервалу часу необхідно натиснути лівою кнопкою миші на необхідному часі списку, при цьому час позначається чорною точкою.

Вибір параметрів відображення інформації. Вибравши вкладку Show, з'являється вікно з новими вкладками, які дозволяють вибрати, яка інформація повинна бути відображена.

По-перше, позначивши **Cartography**, можна показати границі держав на карті при представленні її в обмеженому азимутальному рівновіддаленому, азимутальному рівновіддаленому та широко розкритому азимутальному рівновіддаленому вигляді.

По-друге, за допомогою вкладки **Footprint** можна вибирати, які зони радіовидимості супутників показувати: одну зону радіовидимості робочого



супутника; зони радіовидимості всіх геостаціонарних супутників з списку; зони радіовидимості всіх супутників з списку, а також зони радіовидимості можуть не відображатися.

По-третє, за допомогою вкладки **Pass box**, можна вибирати показ зони зйомки, як це зображено на рис. 2.35, коли станція прийому може якісно приймати інформацію (кут місця, під яким спостерігається супутник > 25

град).

По-четверте, позначивши **Show scanner line**, можна показувати зону зйомки вибраного супутника, яка відображається штриховою лінією синього кольору праворуч і ліворуч від відмітки супутника.

По-п'яте, за допомогою вкладки Ground track можна вибирати, скільки

показувати ефемерид для вибраного супутника: половину ефемериди попереду польоту супутника і половину ефемериди після прольоту супутника; одну ефемериду попереду польоту супутника; три ефемериди попереду польоту супутника; три ефемериди попереду польоту супутника і одну ефемериду після прольоту супутника, а також ефемериди можуть не відображатися.

По-шосте, позначивши **Overlay**, можна накласти на сформований знімок у лівому вікні вкладки **Ground Path** лінії сітки Землі і виділити синім кольором поверхню морів, як це показано на рис. 2.36.



Рисунок 2.35 – Вигляд вікна вкладки World Мар при виборі у вкладці Pass box показ зони зйомки



Sun: Az:220° El:53,3° Moon: Az:272° El:-5,2° MET+4253:04:44:23 2012 May 14 15:06:23 Az: 266,8° El: 26,9° Range: 1591km Dop: 0Hz Sig:-106dBm Lat: 48,1°

Рисунок 2.36 – Вигляд вікна вкладки Ground Path при позначенні Overlay

По-сьоме, позначивши **Radio horizon**, можна показати зону радіогоризонту навколо точки розташування станції прийому.

По-восьме, за допомогою вкладки **My location** можна вибирати тип позначки, якою відображається точка розташування станції прийому: хрестом; хрестом з відсутнім перехрестям; колом, а також точка розташування станції прийому може не відображатися.

По-дев'яте, за допомогою вкладки **Night time shading** можна вибирати, як показувати границю дня і ночі: світлим кольором карти – день, темним кольором карти – ніч; світлим кольором карти – день, більш темним кольором карти – ніч, а також лінією вибраної товщини, стилю і кольору.

По-десяте, за допомогою вкладки **Sun or Moon** можна вибирати показ місця розташування: тільки Сонця; тільки Місяця, Сонця і Місяця разом або зовсім не показувати Сонце і Місяць.

Вкладка View блока управління програмою WXtrack. За допомогою вкладки View є можливість налаштувати перегляд різних параметрів польоту супутників. Вибравши вкладку Ephemeris..., відкривається вікно

<u>F</u> ile <u>I</u>	<u>0</u> p	tions	$\underline{V} iew$	<u>T</u> racker	<u>H</u> elp	
Setup	p	Wo	Ep	ohemeris		
	_	_	<u> </u>	PS predicti	on	
			<u>M</u>	utual visibil	ity	
			<u> </u>	ptically visit	ole passes	
			<u> </u>	adar plot		
	_	<u> </u>	<u>S</u> a	atellite orbit	data	-
			<u>S</u>	<u>u</u> nrise / Sui	nset table	
New York	-	-	ĪE	3US bulletii	n decode	ALC: NO

з параметрами і характеристиками всіх вибраних супутників, таке ж саме, як при натисканні кнопки **Print ephemeris** у вікні вкладки **Setup** (див. рис. 2.26), інформація, що міститься у цьому вікні описана вище.

Якщо потрібно переглянути графік синхронізації з супутників

GPS, необхідно вибрати вкладку **GPS predication...**, при цьому з'являється вікно, в якому відображений список супутників GPS, з якими можна здійснювати синхронізацію. Необхідно зазначити, що це вікно працює, якщо програма **WXtrack** зареєстрована.

Вибравши вкладку Mutual visibility... відкривається вікно, в якому

🕒 WXtrack - Mutually visible passes								
Select satellite	Prediction for	Passes visible from both locations						
NOAA 16 NOAA 17	2012 Tpa 16 V Days ahead 1 Clock C UTC C Local	NOAA 16 2012-Tpa-16 UTC 03:06:34 03:15:06 04:45:22 04:58:00 06:26:08 06:33:43 13:01:48 13:08:57 14:37:14 14:49:46 16:19:14 16:28:54						
My location Lon 36,16 Lat 50 Elev 0	Other location Lon 0 Lat 50 Elev 0	Save as Print Close						

ліворуч вікні В окремому список вибраних виводиться супутників, а праворуч також в окремому вікні показується графік часу входу і часу виходу одного супутника з списку у (3) зону(и) радіовидимості станції прийому. У центральній частині вікна вкладки Mutual visibility розміщено вікно, в якому можна

вибрати дату, на яку створюється графік часу входу і часу виходу супутника у (3) зону(и) радіовидимості станції прийому. При натисканні трикутника праворуч вікна вибору дати з'являється зображення календаря на місяць з позначкою поточного дня. За допомогою календаря можна вибрати будьякий день, місяць і рік як у минулому, так і у майбутньому. Нижче розміщується вікно для вибору кількості днів, на які створюється графік часу входу і часу виходу супутника у (3) зону(и) радіовидимості станції прийому. Натиснувши на верхній трикутник праворуч вікна, кількість днів збільшується, а натиснувши на нижній трикутник, - зменшується. Максимальна кількість днів, на яку може бути складений графік, дорівнює 30 діб. На панелі Clock можна вибрати формат часу, позначивши або час UTC, або місцевий час (Local). У нижньому лівому куті вікна вкладки Миtual visibility також можна переглянути географічні координати (довготу і широту) місця розташування станції прийому (ліворуч) і ще однієї стації прийому (праворуч). Графік часу входу і часу виходу супутника у (3) зону(и) радіовидимості станції прийому можна зберегти в окремому txt-файлі, натиснувши на кнопку **Save as...**, або роздрукувати, натиснувши на кнопку Print.

🥥 WXtrack - Optically	visible passes		
Select satellite	Prediction for	Passes with a visible part	
NOAA 16 NOAA 17	2012 Top 16	NOAA 17	
	2012 ipa 10	2012-Tpa-16 UTC	
	Days ahead	18:20:57 - 18:32:15	
	1 -	20:02:02 - 20:12:34	
		21:43:07 - 21:52:00	
	Clock		
	© UTC		
	C Local		
Sunset elevation		Course of the second	
Civil twilight (-6 de	eg)		: ds
C. Nautical twilight (-	12 den)	PI	rint
C Astronomical twilig	ght (-18 deg)	d	ose

Вибравши вкладку **Opti**callv visible passes..., відкривається вікно, в якому ліворуч В окремому вікні виводиться список вибраних супутників, а праворуч також в окремому вікні показується час входу і час виходу одного супутника з списку у (з) зону(и) раліовилимості станції прийому для різних вилів

сумерків, тобто можна визначити супутники, у яких є можливість оптичного спостереження за наземними об'єктами.

У нижньому лівому куті вікна вкладки Optically visible passes... можна вибрати три види сумерків: громадянські сумерки, які характеризуються позицією Сонця відносно горизонту - 6 градусів (у таких сумерках ще можна чітко спостерігати за наземними об'єктами); морські (навігаційні) сумерки, які характеризуються позицією Сонця відносно горизонту - 12 градусів (у таких сумерках ще можна спостерігати за обрисами наземних об'єктів); астрономічні сумерки, які характеризуються позицією Сонця відносно горизонту - 18 градусів (такі сумерки практично не відрізняються від ночі і спостерігати за наземними об'єктами неможливо). У центральній частині вікна вкладки Optically visible passes... розміщено вікно, в якому можна вибрати дату, на яку можна спостерігати час входу і час виходу супутника у (3) зону(и) радіовидимості станції прийому для різних видів сумерків. При натисканні трикутника праворуч вікна вибору дати з'являється зображення календаря на місяць з позначкою поточного дня. За допомогою календаря можна вибрати будь-який день, місяць і рік як у минулому, так і у майбутньому. Нижче розміщується вікно для вибору кількості днів, на які створюється графік часу входу і часу виходу супутника у (3) зону(и) радіовидимості станції прийому для різних видів сумерків. Натиснувши на верхній трикутник праворуч вікна, кількість днів збільшується, а натиснувши на нижній трикутник, - зменшується. Максимальна кількість днів, на яку може бути складений графік, дорівнює 30 діб. На панелі Сюск можна вибрати формат часу, позначивши або час UTC, або місцевий час (Local). Графік часу входу і часу виходу супутника у (з) зону(и) радіовидимості станції прийому можна зберегти в окремому txt-файлі, натиснувши на кнопку Save as..., або роздрукувати, натиснувши на кнопку Print.

Вибравши вкладку Radar plot...,

😑 WXtrack - Radar Plot	×
Main Geostationary GPS	
	AFRISTAR
AFRISTAR	☑ Show names
Gursor: Az: 197º FI: 30º. AFRISTAR	Close

відкривається вікно, де можна переглянути напрям, на якому знаходяться супутники. У центрі кругової діаграми знаходиться розташування точка станції прийому, а супутник позначається точкою на діаграмі в одному з чотирьох квадрантів: північносхідний напрям (N-E); північнозахілний напрям (N-W); південно-східний напрям (S-E); південно-західний напрям (S-W). Поруч з точкою може виводитися назва супутника, якщо позначити

Show names. Крім того, назва супутника виводиться в окремому вікні праворуч від кругової діаграми. Зупинив перехрестя курсору на круговій діаграмі, у нижній частині вікна вкладки **Radar plot...** з'являються азимут і кут місця напрямку, в якому можна спостерігати за супутником. Якщо зупинити перехрестя курсору на точці супутника, то крім азимуту і кута місця напрямку, ще з'являється назва супутника. У вікні вкладки **Radar plot**... можна спостерігати окремо за геостаціонарними супутниками і супутниками GPS.

Вибравши вкладку Satellite orbit data..., відкривається вікно, в якому

Satellite	No.	Epoch	Age	In file	MHz	Note			
VOAA 16	26536	4139,1494325	6 2920,3	weather.txt	137,770 MHz	VHF Beacon (CW)			
VOAA 17	7 27453 4159;50279596 2919;9 Weather.txt 157;620 Minz Post-Launch Test								
	TLEs for NOAA 17 1 274531 003522 04139.50279696 .00000256 00000-0 13169-3 0 9074 2 27453 98.7011 212.0965 0012826 118.4904 241.7568 14.23528928 98688								
				ОК					
lick satel	ite name :e folder:	to view Keplers	[OK	Show all Ke	epler data			
lick satell Nata sourc D:\Paf	ite name :e folder: Rus\Pa6o	to view Keplers Ta\XHAY\NOAA	(Wxtrack)	ок	Show all Ke	apler data			
lick satel Nata sourc D:\Paf Kep	ite name :e folder: Rus\Pa6o Ilers are s	to view Keplers Ta\XHAY\NOAA	(Wxtrack)	OK	F Show all Ke	apler data			
Click satel Nata sourc D:\Paf Kep G	ite name :e folder: Rus\Pa6o Ilers are s ieostation	to view Keplers Ta\XHAY\NOAA itale after 40 hary after 90	(Wxtrack)	OK ays ays	Show all Ke	epler data			

можна переглянути параметри орбіт супутників, які знаходяться у базі даних програми **WXtrack**. Параметри орбіт розраховуються за допомогою рівнянь Кеплера, тому у програмі вони позначаються як **Kepler data**. У верхній частині вікна вкладки **Satellite orbit data**... розміщується вікно з списком вибраних супутників, для яких можна переглянути параметри орбіт. Якщо необхідно переглянути параметри орбіт

всіх супутників, які знаходяться у базі даних, то можна позначити Show all Kepler data нижче списку і у вікні з'явиться повний список супутників. Натиснувши лівою кнопкою миші на назві супутника у таблиці, в окремому вікні з'являються параметри орбіти цього супутника. У нижньому лівому куті вікна вкладки Satellite orbit data... можна вибрати термін, після якого інформація у базі даних застаріває.

Вибравши вкладку Sunrise / Sunset table..., відкривається вікно, в якому

WXtrack - sunrise and sunset	
Sunrise and Sunset times	
Tpa 2012	
Финляндия (зима) 01: 05:13 - 19:52 02: 05:11 - 19:54 03: 05:09 - 19:55 04: 05:07 - 19:57 05: 05:06 - 19:58 06: 05:04 - 20:00 07: 05:02 - 20:01 08: 05:01 - 20:03 09: 04:159 - 20:04	_
Sunset altitude © Disk centre (-0.583 deg) © Upper limb (-0.833 deg) © Civil twilight (-6 deg) © Nautical twilight (-12 deg) © Astronomical twilight (-18 deg)	Save as

можна переглянути час сходу та заходу Сонця кожного дня протягом поточного року з січня до грудня. У верхній частині вікна вкладки **Sunrise / Sunset** table... розміщується вікно з інформацією про місяць і рік, а також часовий пояс, для якого виводиться інформація. Нижче у вигляді таблиці виводиться день місяця, час сходу (часи, хвилини) та через тире час заходу (часи, хвилини) Сонця.

У нижньому лівому куті вікна вкладки **Sunrise** / **Sunset table**... можна вибрати, при якому положенні диска Сонця буде виводитися інформація: диск у центрі (характеризується позицією Сонця відносно горизонту -0,583 градуси); верхня частина диска (характеризується позицією Сонця відносно горизонту -0,833 градуси); а також для трьох видів сумерків: громадянських сумерків (характеризуються позицією Сонця відносно горизонту - 6 градусів); морських (навігаційних) сумерків (характеризуються позицією Сонця відносно горизонту - 12 градусів); астрономічних сумерків (характеризуються позицією Сонця відносно горизонту - 18 градусів). Таблицю з часом сходу та заходу Сонця можна зберегти в окремому txt-файлі, натиснувши на кнопку **Save as...**

Вибравши вкладку **TBUS bulletin decode.**.. відкривається вікно, в якому можна вибрати текстовий файл і переглянути звіт **TBUS** декодера.

Вкладка Tracker блока управління програмою WXtrack. За допомогою вкладки Tracker є можливість тестування роботи програми та

Eile Options View Iracker Help Setup World Map Iest Options	ight
WXtrack - tracker test NOAA 16 NoAA 17 Sun Moon Jupiter Saturn	Tracker command (A:: 305,5° E: -79,0°) Fend 'stop' after command Advanced tracker test options are available on registration
NOAA 17 is not visible Select object and then dick the button to point your tracker at the selected object. Note that this does not track the object.	Auto-track object Point every 2 sec Close

вибрати параметри тестування за допомогою мережі INTERNET.

Вибравши вкладку Test.... відкривається вікно, в якому ліворуч в окремому вікні виводиться список вибраних супутників, а також Сонця, Місяця, Юпітера і Сатурна. Тестування супутників можливо, коли вони знаходяться у зоні радіовидимості. Якщо супутник знаходиться у зоні радіовидимості, то на панелі Tracker command праворуч від вікна з списком вибраних супутників темно-зелена

позначка періодично змінює колір на світло-зелений і змінюються дані про азимут і кут місця супутника. Якщо супутник знаходиться поза зоною радіовидимості, то темно-зелена позначка залишається незмінною, але дані про азимут і кут місця супутника продовжують змінюватися. Періодичність оновлення даних можна задати на панелі Auto-track object у правому нижньому куті вікна вкладки Test... Для цього необхідно позначити Point every та натиснути на трикутник праворуч вікна вибору часу оновлення інформації і у вікні з переліком семи інтервалів часу оновлення інформації вибрати один.

Для вибору параметрів тестування за допомогою мережі INTERNET необхідно вибрати вкладку **Options..** і зазначити назву вхідного порту у залежності від апаратної частини комп'ютера.

Вкладка **Help** блоку управління програмою **WXtrack**. Вкладка **Help** (рис. 2.37) призначена для отримання інформації про програму **WXtrack** та основи роботи з нею. Вікно вкладки **Help** є стандартним вікном допомоги операційної системи Windows. Необхідно зазначити, що інформація у вікні вкладки **Help** представлена англійською мовою і деякі аспекти роботи програми **WXtrack** не відображені.

Справка: WXtrack information by David Taylor (Edinburgh)	? ×
Содержание Предметный указатель Поиск	
Выберите раздел и нажмите кнопку "Показать" или выберите другую вкладку, например, "Предметный указатель".	
Requirements	
🛄 Usage	
🕐 Using WXtrack	
શ Setup Tab	
શ World Map Tab	
👔 Ground Path Tab	
શ Flight Tab	
Batch mode operation	
Using Overlays with WXtrack and SatSignal	
Editing the Master Overlay	
Using with the ISS and Shuttle	
Using with the Satellite Active Archive (SAA)	
Using Parallel Port trackers under Windows NT/2000/XP	
Section Menus and controls	
💌 🔊 Data	
Закрыты Печаты Отмен	Ia

Рисунок 2.37 – Вигляд вікна вкладки Неlp
Таким чином, програма **WXtrack** дозволяє розраховувати розклад проходження супутників через зону радіовидимості станції прийому та забезпечує контроль характеристик діючих супутників.

2.2.2. Опис спеціалізованої програми WSat

Програма WSat призначена для запису інформації з метеосупутників у форматах HRPT, HRI, Raw з подальшим збереженням її у файлі типу *.dat,



а також для попереднього перегляду записаних зображень.

Після встановлення програми на ПЕВМ на екрані монітора з'являється ярлик запуску програми. Для запуску програми необхідно навести курсор на ярлик програми **WSat** і натиснути (клікнути) два рази на ліву кнопку миші.

Після цього на екрані монітора з'являється інтерфейс програми WSat, який показаний на рис. 2.38. Умовно інтерфейс програми WSat можна розділити на два основних функціональних блоки. У верхній частині розміщується блок управління програмою, а у нижній частині – блок відображення.



Рисунок 2.38 – Зовнішній вигляд інтерфейсу програми WSat

Програма **WSat**, як правило, використовується для оцінки якості записаного зображення, а також для вибору найбільш інформативного знімка для проведення подальшого аналізу.

Розглянемо більш докладно зміст інформації, яка міститься у блоці

управління програмою та у блоці відображення програми WSat.

Блок управління програмою WSat містить дві строчки. Перша містить вкладки безпосереднього управління програмою.

File Edit View Zoom Lum threshold Record Channel Help

Друга строчка дозволяє аналізувати координати курсору миші при наведенні на зображення, яке показано у блоці відображення ([x=, y=]), і величину яскравості пікселя, на який наведено курсор миші. Яскравість у програмі WSat змінюється не від 0 до 255, як це прийнято зазвичай, а від 0 (чорний колір) до 1023 (білий колір).

Position [x=-1,y=-2147483	Pixel 1	Gamma	1.0 🔶	Satellite	
---------------------------	---------	-------	-------	-----------	--

Також можна задавати значення коефіцієнта Гамма за допомогою трикутників, що розміщуються праворуч від цього вікна. Так звана гаммакорекція проводиться для точного відображення зображення на екрані монітора, тому що реальне зображення на екран монітора виводиться темніше, ніж воно є насправді. Для цього коефіцієнт Гамма необхідно вибирати більше одиниці, тобто при *у* > 1,0 зображення стає світлішим. Крім того, гамма-корекція може використовуватися для підвищення контрасту зображення, для цього коефіцієнт Гамма необхідно вибирати менше одиниці, тобто при $\gamma < 1,0$ зображення стає темнішим, більш контрастним. Зміна значення коефіцієнта Гамма у програмі WSat можливе від 0,2 до 5,0 з дискретністю 0,1. Крім того, у другій строчці розміщено вікно з назвою супутника, з якого був записаний знімок, що показується у блоці відображення.

File Edit Vi	ew
Open	41
Close	
Save as	
File info	- 20.2
Load Kepler	100
Quit	and the second se
Contraction of the second seco	100

Вкладка File блока управління програмою WSat. За допомогою вкладки File є можливість відкрити або закрити файл з записаною інформацією, а також натиснувши Save as... (зберегти як) можна вибрати параметри файлу, в якому буде записуватися інформація. Крім того, якщо вибрана вкладка File info..., з'являється можливість переглянути інформацію про файл, а за допомогою вкладки Load Kepler... можна інформацію про орбітальні завантажити параметри супутників з txt-файла.

орбітальних параметрів Дo (рис. 2.39) [13] (Кеплеровських елементів) відносяться шість елементів, що визначають положення небесного тіла у просторі.



Рисунок 2.39 – Орбітальні параметри штучного супутника Землі

До орбітальних параметрів відносяться: велика піввісь (а), ексцентриситет (е), нахил орбіти (і), аргумент перицентра (ω), довгота сходячого вузла (Ω), середня аномалія (М0). Перші два елементи визначають форму орбіти, третій, четвертий і п'ятий – орієнтацію площини орбіти по відношенню до базової системи координат, шостий – положення тіла на орбіті.

Також, натиснув на кнопку Quit, можна вийти (закінчити роботу) з програми WSat.

Вибравши вкладку **Open**, відкривається вікно, в якому вибравши назву файла, можна завантажити записане зображення у блок відображення, як це показано на рис. 2.40. Необхідно зазначити, що у блоці відображення показується все зображення разом, яке записане у файлі. При цьому у вікні **Satellite** другої строчки блока управління програмою з'являється назва супутника, з якого був записаний знімок, наприклад NOAA 16.



🏂 Nyck 🕘 🔯 🖉 🖉 Total Comman...) 🗟 Posgin1.3.3.2... 📝 Adobe Photoshop 🐗 Wsat File hr... 🔯 Foncanec P., B...) 🐗 Luminance 🛛 🗟 🐙 🛞 👁 🐲 🎵 🧮 11:26

Рисунок 2.40 – Вигляд інтерфейсу програми **WSat** з завантаженим зображенням

Вибравши вкладку Save as..., відкривається вікно, в якому ліворуч можна вибрати, з якого каналу буде зберігатися інформація. Для цього



необхідно натиснути на відповідну кнопку з номером каналу. Також можна вибрати разом всі канали, поставивши позначку ліворуч напису мulti-channel. Нижче в окремому вікні програма пропонує назву файла куди буде збережена інформація. Якщо необхідно змінити назву файла, то потрібно натиснути на кнопку New name і ввести нову назву файла. Крім того, праворуч у вікні вкладки Save as... можна вибирати, в якому форматі (HRPT, PPM, PGM,

PGM1, Gif) буде збережена інформація. Для цього необхідно поставити позначку ліворуч вибраного формату. Натиснувши кнопку Save, файл з вибраними параметрами зберігається. Також, натиснув на кнопку Exit, можна вийти з вікна вкладки **Save as...**.

Вибравши вкладку File info..., відкривається вікно, в якому построково наводяться дані про інформацію, яка знаходиться у файлі: назва файла з розширенням, наприклад .dat; формат (тип) даних; назва супутника, з якого записана інформація; початок відліку часу; час початку зйомки; час зйомки, встановлений користувачем; канали, з яких записана інформація; зміщення

₫Ѯ Sat-info	- 🗆 ×
File : hrpt01.dat Type : HRPT Satellite : NOAA 16 Sat time : Sun Jan 00 00:00:00 1900 Rec. time : Sun May 07 06:20:14 2012 Used time : Sun May 07 06:20:14 2012 Channels : 0 1 2 3 4 5 Offset : 0 x : 0 Size : 2048 x 3500	
Dismiss Reload Prev Next Frame nr 0	

знімка у пікселях; розмір знімку у частині пікселях У нижній вікна вкладки File info... розміщені кнопки управління: Dismiss – при натисканні можна вийти з вікна вкладки File info...: Reload – забезпечує перезавантаження інформації про файл; Frame header (Prev. Next) – дозволяє завантажувати заголовок або попереднього. або наступного кадру і в окремому вікні видається номер заголовку.

Вкладка Edit блока управління програмою WSat. За допомогою вкладки Edit є можливість корегувати заголовок кадру (File header...) та інформацію про орбітальні параметри супутника (Kepler...). Для вибору необхідних параметрів корегування необхідно вибрати вкладку Preferences.... При цьому вибрані параметри зберігаються в окремому файлі типу .wsatrc, який можна переглянути.

Вкладка View блока управління програмою WSat. Preferences... За допомогою вкладки View є можливість налаштувати перегляд зображення, яке виводиться у блоці відображення програми WSat. Вибравши вкладку Sat from South, зображення завантажується у зворотному

View 700m Lur]
	ć
Sat from South]
Grid]
Invert	
Temperature]
Linearize	(
Despeckle	
Skip faulty lines	
Palette 🕞	1
Lum]
Channel_map	

View

File header...

Kepler...

Edit

напрямі, тобто імітується рух супутників з півдня на північ або навпаки з півночі на південь. Вкладка Grid дозволяє показувати сітку Землі, а вкладка Invert виводить у блок відображення інвертоване зображення, тобто що було на зображенні світлим стає темним і навпаки. Переглянути карту температур для 3, 4 і 5 каналів записаного зображення (при виборі цих каналів у вкладці **Channel**) можна за допомогою вкладки Temperature, при цьому у вікні Pixel другої строчки блока управління, де виводилася величина яскравості пікселя, на який наведено курсор миші, тепер виводиться температура у цій точці.

Для покращення якості зображення використовують вкладку Linearize, за допомогою якої можна покращити

контраст зображення знімка, за рахунок лінійного розтягування вихідного діапазону яскравості до повного діапазону. Вибір вкладки Despeckle дозволяє здійснити фільтрацію зображення з метою видалення плям. Для виключення ліній розлому використовується вкладка Skip faulty lines, але після такої обробки на зображенні підсилюється блочний ефект.

Вкладка Palette дозволяє вибрати колір відображення. При натисканні на трикутник праворуч від напису Palette з'являються два формати палітри: завантажена (Load Palette) та (Grev Palette), які можна вибрати,

поставивши позначку на одному з них.

При натисканні вкладки Lum... відкривається вікно, в якому у верхній частині виводиться гістограма яскравості знімка. У нижній частині вікна



- IX вкладки Lum... можна вибирати мінімальну (Lmin) і максимальну (Lmax) яскравість, а також рівень амплітуди (Ampl) гістограми 38 спеціальних лопомогою вікон. розміщуються праворуч яких збільшення трикутники або для зменшення параметрів. Збільшення **Lmin** або зменшення **Lmax** дозволяє

вибрати діапазон яскравості зображення, який буде виводитися у блоці відображення. Границі діапазону будуть відображатися на гістограмі яскравості зеленими вертикальними лініями. Така операція може бути корисна, коли необхідно підкреслити або виділити деякі особливості зображення. Наприклад, на рис. 2.41 показано гістограму яскравості з вибраним діапазоном на фоні відповідних цьому діапазону хмарам на зображенні, тобто здійснено виділення хмар на вихідному зображенні за допомогою вибору діапазону яскравості на гістограмі.

Перезавантажити вихідне зображення для вибраного діапазону яскравості можна при натисканні на кнопку **Redraw**. Збільшення рівня амплітуди (**Ampl**) гістограми дозволяє точно встановлювати границі особливостей на гістограмі яскравості для більш точного їх відображення на вихідному зображенні. Натиснувши кнопку **Lum thr**., можна повернутися до автоматичного вибору границь гістограми, який здійснюється програмою **WSat**. При натисканні кнопки **Restore** здійснюється побудова вихідного зображення для діапазону яскравості від 0 до 1023. Також натиснув на кнопку **Exit**, можна вийти з вікна вкладки **Lum**....

При натисканні вкладки **Channel_map**... відкриваються 1 і 3 панелі вікна, які показані на рис. 2.42, а при натисканні кнопки **Align settings** на панелі 3 відкривається ще одна панель 2. У вікні вкладки **Channel_map**... можна здійснювати автоматичне або ручне кольорове кодування вихідного зображення, що завантажене у блоці відображення.



Рисунок 2.41 – Виділення хмар на вихідному зображенні за допомогою вибору діапазону яскравості на гістограмі

T Map channels	_ 🗆 ×
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	1
HShift h1 0 7 h2 0 7 h3 0 7 h4 0 7 h5 0 7	2
∨Shift v1 0 > v2 0 > v3 0 > v4 0 > v5 0 > TILT tilt1 0 > tilt3 0 > tilt4 0 > tilt5 0 >	
Redraw Auto color Align Align Align Align Align Settings	Exit

Рисунок 2.42 – Вигляд вікна вкладки Channel_map...

Початкові значення кольорів (червоний – ro, зелений – go, блакитний – bo) визначають кольори фону зображення і можуть дорівнювати 0. Якщо

три початкові кольори вибрати 255, то колір фону буде білим, а якщо три початкові кольори вибрати - 255, то колір фону буде чорним. Якщо один з фонових кольорів (**ro, go, bo**) вибрати рівним 255, а інші – 0, то фон буде, відповідно, червоним, зеленим або блакитним. Для того, щоб виконати перерисування при зміні значень кольорів, необхідно натиснути на кнопку **Redraw**. При автоматичному кодуванні вихідного зображення, натиснувши на кнопку **Auto color**, здійснюється вибір одиничних коефіцієнтів у першому каналі (**Ch1**) для блакитного кольору (при нульових коефіцієнтах для інших кольорів), у другому каналі (**Ch2**) для зеленого (при нульових коефіцієнтах для інших кольорів) та у третьому каналі (**Ch3**) для червоного кольору (при нульових коефіцієнтах для інших кольорів), а у четвертому і п'ятому каналах (**Ch4**, **Ch5**) всі коефіцієнти дорівнюють нулю. Результат автоматичного кольорового кодування наведений на рис. 2.43.



Рисунок 2.43 – Результат автоматичного кольорового кодування

Також за допомогою індивідуального вибору коефіцієнтів (від -1,0 до 9,0) у п'яти каналах є можливість підкреслення особливостей зображення у різних кольорових варіантах. Так, наприклад, на рис. 2.44 показаний результат ручного кольорового кодування, яке дозволяє виділити на зображенні області, закриті хмарами (показані білим кольором). Спотворені ділянки зображення показують світло блакитним кольором, а все інше показано – жовтим. Індивідуальним вибором коефіцієнтів можна проводити

виділення цих ділянок іншими кольорами, а можна взагалі виділяти інші дані на зображенні.

Вирівняти рівні кольорів можна на панелі Align. Автоматичне вирівнювання рівнів кольорів здійснюється при натисканні кнопки Auto align, при цьому позначка ліворуч напису Aligned стає червоною. На панелі 2 вкладки Channel_map... можна здійснювати ручне вирівнювання рівнів кольорів за допомогою індивідуального вибору коефіцієнтів у п'яти каналах. Повернення до вихідних кольорів (проводиться обнуління коефіцієнтів вирівнювання рівнів кольорів) здійснюється при натисканні кнопки Reset align. Також, натиснувши на кнопку Exit, можна вийти з вікна вкладки Channel_map....



Рисунок 2.44 – Результат ручного кольорового кодування

Zoom Lun 100% (f) In (i) Out (o) Last (l) dx->dy (c) dy->dx (C) zx->zy zy->zx Values...

Вкладка Zoom блока управління програмою WSat. За

допомогою вкладки **Zoom** є можливість вибору масштабу знімків, які відображаються у програмі. Вибравши вкладку 100 % (f) встановлюється реальний (дійсний) розмір знімка. Вкладка In (i) дозволяє збільшити у два рази розмір зображення однаково по осі X і по осі Y. Повторний вибір вкладки In (i) призводить до збільшення ще у два рази розміру зображення. Вкладка **Out** (o) дозволяє зменшити розміри зображення у два рази однаково по осі X і по осі Y. Зменшити розміри зображення за вихідний розмір неможливо. Вибрати попередній масштаб зображення можна за допомогою вкладки Last (l). Вкладки dx->dy (c), dy->dx (C), zx->zy, zy->zx дозволяють проводити нерівномірне масштабування по різних координатах. Так, вибравши вкладку dy->dx (C), зображення по осі Y збільшується у два рази, а по осі X не змінюється. Далі, вибравши вкладку zx->zy, зображення також збільшується по осі X у два рази. При виборі вкладки dx->dy (c) зображення по осі X зменшується у два рази, а при виборі вкладки zy->zx зображення зменшується у два рази і по осі Y.

При натисканні вкладки Values... відкривається вікно, яке дозволяє

Zoom		
Zoom		
Zx [1.00	Zy 1.00 👌
Ох	0	Оу 🛛 👌
Dx	0.27	Dy 0.06 👌
		1
Exit	Cancel	Redraw

вибирати індивідуальні коефіцієнти масштабування зображення по осі X і по осі Y. На відміну від кратного (у два рази) збільшення або зменшення розміру зображення, яке було розглянуто вище, у цьому вікні можна вибрати будьякі коефіцієнти, а також задати і кут нахилу результуючого вектора. Вибір

індивідуальних коефіцієнтів масштабування проводиться за допомогою спеціальних вікон, праворуч яких розміщуються трикутники для збільшення або зменшення коефіцієнтів масштабування. Для того, щоб виконати перезавантаження зображення у новому масштабі, необхідно натиснути кнопку **Redraw**. Також натиснув на кнопку **Exit**, можна вийти з вікна вкладки **Zoom**.

Вкладка Lum threshold блока управління програмою WSat. При виборі вкладки Lum threshold здійснюється автоматичний вибір границь гістограми і відповідне зображення показується у блоці відображення, як це наведено на рис. 2.45.



Рисунок 2.45 – Вигляд інтерфейсу програми WSat після вибору вкладки Lum threshold

Таке ж саме зображення можна отримати при натисканні кнопки Lum thr. у вікні вкладки Lum..., яка міститься у вкладці View блока управління програмою WSat. Гістограму та її обмеження, яке було здійснено автоматично, можна переглянути, якщо вибрати вкладку Lum..., яка міститься у вкладці View блока управління програмою WSat.

Вкладка Record блока управління програмою WSat. За допомогою вкладки **Record** є можливість запису космічного

Record
LIDDT
HRPT
HRI
Raw

1

👎 Record HRPT	_ 🗆 ×		
Channel selection 1 2 3 4 5 All	Sat type		
StartS	outh bound		
Status			
Recording Off			
Sat name			
Line 0			
Hardware select ☆ Decoder			
Show during record			
Chan 2			
□ Save □ Kepler-load			
Advanced	Exit		

знімка у трьох форматах (HRPT..., HRI..., Raw...).

Вибравши вкладку **HRPT**, відкривається вікно, в якому здійснюється вибір параметрів запису та запускається запис космічного знімка. Ліворуч зверху у вікні можна вибрати, з якого каналу буде записуватися інформація. Для цього необхідно натиснути на відповідну кнопку з номером каналу. Також можна вибрати разом всі п'ять каналів, натиснувши на кнопку All. Крім того, праворуч зверху у вікні можна вибирати, в якому форматі (HRPT, CHRPT) буде записаний знімок. Для цього необхідно поставити позначку ліворуч вибраного формату. Нижче розташовані дві кнопки. Ліва кнопка Start запускає процес запису космічного знімка і змінює назву на Stop, яка відображається на червоному фоні. Права кнопка South bound дозволяє вибрати напрямок запису космічного знімка з півдня або з півночі. У середній частині вікна вкладки HRPT на панелі Status в окремих вікнах відображається інформація про включення або виключення (On/Off) процесу запису космічного знімка, назва файла, куди записується інформація та номер строчки зображення, яка у даний момент записується.

кнопку Натиснувши Advanced. вікно розширюється вкладки **Record HRPT** i

з'являється можливість записувати інформацію з супутника, позначивши Decoder, або з імітатора, позначивши Generator. Крім того, можна вибрати номер каналу (Show during record), зображення з якого буде видаватися у блок відображення програми WSat під час запису космічного знімка, а в окремому вікні праворуч можна вибрати кількість строчок зображення, які будуть показані у блоці відображення. Праворуч від цього вікна розміщуються трикутники для збільшення або зменшення кількості строчок зображення.

Крім того, позначивши **Save** можна задати режим автоматичного запису інформації у файл, при цьому назву файла задає програма і файл зберігається на робочому столі ПЕВМ. Натиснувши кнопку **Kepler-load**, можна завантажити інформацію про орбітальні параметри супутника. Також натиснувши на кнопку **Exit**, можна вийти з вікна вкладки **Record HRPT**.

Вибравши вкладки **HRI**... або **Raw**..., відкриваються вікна, аналогічні вікну вкладки **Record HRPT**, в яких здійснюється вибір параметрів запису

📭 Record HRI 📃 🗖	х
Start	
Status Recording Off Sat name Line # O Encrypted: Received up to now Recorded Encrypted	
Advanced Exit	
Hardware select ↑ Decoder ↓ Generator	
☐ Save _ Record all	

та запускається процес запису космічного знімка у цих форматах.

Вибравши вкладку **HRI**..., відкривається вікно, у верхній частині якого розміщується кнопка **Start**, натиснувши яку можна запустити процес запису космічного знімка. При цьому кнопка змінює назву на **Stop**. Нижче на панелі **Status** в окремих вікнах відображається інформація про включення або виключення (**On/Off**) процесу запису космічного знімка, назва файла, куди записується інформація та номер строчки зображення, яка у даний момент записується. Крім того, у вікні **Encrypted** показується, яка строчка кодується, а також на панелі Received up to now відображається, скільки інформації було записано (**Recorded**) і закодовано

(Encrypted) до поточного часу.

Натиснувши кнопку Advanced, вікно вкладки Record HRI розширюється і з'являється можливість записувати інформацію з супутника, позначивши Decoder, або з імітатора, позначивши Generator. Крім того, позначивши Save, можна задати режим автоматичного запису інформації у файл, при цьому назву файла задає програма і файл зберігається на робочому столі ПЕВМ. Позначивши Recorded all, є можливість записувати всю інформацію, яка надходить на станцію прийому. Також натиснувши на кнопку Exit,

Record RAW	IX
Start	
Status Recording Off Recorded	
Record mode	
r Save	
Exit	

можна вийти з вікна вкладки **Record HRI**.

Вибравши вкладку **Raw**..., відкривається вікно, у верхній частині якого розміщується кнопка **Start**, натиснувши яку можна запустити процес запису космічного знімка. При цьому кнопка змінює назву на **Stop**. Нижче на панелі **Status** в окремих вікнах відображається інформація про включення або виключення (**On/Off**) процесу запису космічного знімка, назва файла, куди записується інформація та номер строчки зображення, яка у даний момент записується. Крім того, у вікні **Recorded** показується, яка строчка записана. Також є можливість записувати інформацію з супутника, позначивши **Decoder**, або з імітатора, позначивши **Generator**. Крім того, позначивши Save, можна задати режим автоматичного запису інформації у файл, при цьому назву файла задає програма і файл зберігається на робочому столі ПЕВМ. Також натиснувши на кнопку **Exit**, можна вийти з вікна вкладки **Record RAW**.

Вкладка Channel блока управління програмою WSat. За допомогою вкладки Channel є можливість вибору каналів прийому, інформація (знімки) з яких виводиться у блок відображення програми WSat, як це наведено на рис. 2.46, а-д. Необхідно зазначити, що максимальна кількість каналів прийому, інформація з яких може бути одночасно записана на станції прийому, дорівнює п'яти. Інформація (знімки) з ще п'яти каналів можуть бути синтезовані програмно.



а



б

Рисунок 2.46 – Знімки при виборі різних каналів прийому



В



Г



Д

Закінчення рисунку 2.46 – Знімки при виборі різних каналів прийому

Таким чином, програма WSat дозволяє записувати інформацію з

супутників NOAA у форматі **HRPT** і забезпечує збереження космічного знімка у файлі типу *.**dat**, а також дає можливість попередньо переглянути записане зображення для оцінки його якості.

2.3. Програмне забезпечення попередньої обробки та візуалізації представлення результатів

Програмне забезпечення попередньої обробки та візуалізації представлення результатів містить одну спеціалізовану програму - програму **HRPT Reader**.

2.3.1. Опис спеціалізованої програми HRPT Reader

Програма HRPT Reader призначена для завантаження знімків (файлів типу *.dat) з метеосупутників з подальшим їх аналізом та попередньою обробкою. Під час аналізу отриманих знімків програма **HRPT Reader** надає більші можливості для вирішення тематичних завдань. За результатами обробки знімків з супутників NOAA за допомогою програми **HRPT Reader** можна здійснювати оцінку ймовірності та відсоток закриття заданої території на земній поверхні хмарами.

Після встановлення програми на ПЕВМ на екрані монітора з'являється



ярлик запуску програми. Для запуску програми необхідно навести курсор на ярлик програми **HRPT Reader** і натиснути (клікнути) два рази на ліву кнопку миші. Після цього на екрані монітора з'являється інтерфейс програми **HRPT Read**-

er, який показаний на рис. 2.47.



Рисунок 2.47 – Зовнішній вигляд інтерфейсу програми HRPT Reader

Умовно інтерфейс програми **HRPT Reader** можна розділити на чотири основних функціональних блоки. У верхній частині розміщується блок управління програмою, у середній частині – блок відображення, ліворуч розміщується блок вибору параметрів відображення, а у нижній частині – блок управління показу зображення. Розглянемо більш докладно зміст інформації, яка міститься у кожному з цих чотирьох блоків.

Блок управління програмою HRPT Reader містить вкладки безпосереднього управління програмою.



Вкладка File блока управління програмою HRPT Reader. За допомогою вкладки File є можливістьвідкритифайліззаписаною інформацією, а також натиснувши Save displayed image зберігати зображення, яке показане у блоці відображення програми у форматі .bmp. Також можна зберігати у форматі .bmp зображення після корекції, якщо натиснути Save with correction. Якщо зображення у файлі записане у форматі HRPT, то його можна перетворити у формат APT, натиснувши Save as APT. При цьому файл зберігається у форматі .bmp. Крім того, такі ж самі файли можна записати у

форматі .jpeg, якщо, відповідно, натиснути на вкладки: Save displayed image - JPEG, Save with correction-JPEG i Save as APT – JPEG. Ще одним форматом, у якому можна зберігати зображення, є формат .raw. Для запису файла у цьому форматі необхідно натиснути вкладку Save rawchannels. Необхідно зазначити, що у цьому випадку інформація кожного з п'яти каналів одразу записується в окремі файли.



Натиснувши вкладку Print..., відкривається вікно, в якому показане зображення, буде ЩО друкуватися. Якщо натиснути Print. кнопку то зображення передається Кнопка Setup на друк. дозволяє налаштувати параметри принтера. Крім того, налаштувати параметри принтера можна з вкладки File при натисканні вклалки Print setup....

Також, натиснувши на

кнопку Exit, можна вийти (закінчити роботу) з програми HRPT Reader. Вибравши вкладку Open, відкривається вікно, в якому, вибравши

Ca	Confirm 10B NOAA-16 pass Hrpt direction		
	File name:	D:\Hrpt.dat	
	File modified:	09.06.2011 8:47:18	
	Header: NOAA	-16, 2011 Июнь 09, 05:40	
,	Channels:	V 1 V 2 V 3 V 4 V 5	Ch 2 + 4
		□6 □7 □8 □9 □10	Ch 4 + 5
	Enter pass direct	tion: Southbound Northbound	Cancel

назву файла і натиснувши Открыть. з'являється поверх блока відображення вікно, у верхній частині якого відображається шлях і назва файла, що буде відкриватися, нижче дата і час зміни файла, а також ще нижче назва супутника, була 3 якого записана інформація, та дата і час, коли був проведений

запис. Крім того, у цьому вікні можна вибрати номери каналів, з яких буде виводитися інформація, позначивши їх у відповідному вікні. Також за допомогою кнопок **Ch 2+4** або **Ch 4+5** можна автоматично вибрати два канали, з яких буде виводитися інформація. У нижній частині вікна, натиснувши на кнопку **Southbound** або **Northbound**, можна завантажити записане зображення у блок відображення, як це показано на рис. 2.48. При цьому у блоці відображення при натисканні на кнопку **Southbound** зображення показується так, якби супутник рухався з півдня на північ, а при натисканні на кнопку **Northbound**, навпаки, з півночі на південь.



Рисунок 2.48 – Вигляд інтерфейсу програми **HRPT Reader** з завантаженим зображенням. Територія України (18.10.2012)

Необхідно також зазначити, що відкрити файл можна за допомогою кнопки **Open**, що розміщується у правій нижній частині інтерфейсу програми **HRPT Reader** у блоці управління показу зображення. Праворуч від кнопки **Open** розміщується кнопка **Close**, натиснувши на яку можна вийти (закінчити роботу) з програми **HRPT Reader**, тобто дія цієї кнопки еквівалентна вибору у вкладці **File** значення **Exit**.

При завантаженні зображення у блок відображення, зверху цього блока з'являються додаткові вкладки, які також умовно можна віднести до блока вибору параметрів відображення, а безпосередньо знімок відкривається у вигляді зображення з синтезованими кольорами, як це відбувається при натисканні вкладки **False colour**.

При виборі зверху блока відображення вкладки All виводиться зображення, на якому у вигляді п'яти смуг показуються п'ять каналів, що записані на станції прийому. Зображення 1 – 5 каналів показуються зліва на право, як це наведено на рис. 2.49.



Рисунок 2.49 – Вигляд вікна вкладки All. Територія України (18.10.2012)

За допомогою вкладок Ch1 – Ch5 є можливість окремого перегляду знімків п'яти каналів, що записані на станції прийому, як це наведено, відповідно, на рис. 2.50, а-д. При цьому необхідно зазначити, що перший і другий канали (Ch1, Ch2) відповідають видимому діапазону, а третій, четвертий і п'ятий канали (Ch3, Ch4, Ch5), відповідно, ближньому,

середньому і дальньому інфрачервоному діапазону.





Рисунок 2.50 – Знімки при виборі різних каналів прийому. Територія України (18.10.2012): 1 канал (а); 2 канал (б)



В



Г

Продовження рисунку 2.50 – Знімки при виборі різних каналів прийому. Територія України (18.10.2012): З канал (в); 4 канал (г)



Закінчення рисунку 2.50 – Знімки при виборі різних каналів прийому. Територія України (18.10.2012): 5 канал (д)

При виборі у блоці параметрів відображення вкладок Ch1 – Ch5 зверху з'являється назва супутника і номер каналу, з якого відкритий знімок. Крім того, у блоці вибору параметрів відображення з'являється запит Eg hist ch (1-5), позначивши який можна підвищити контраст зображення за рахунок еквалізації гістограми яскравості. При виборі вкладок Ch4 і Ch5 також з'являється можливість із блока вибору параметрів відображення зберегти зображення у форматі .raw, натиснувши на кнопку Save temps.

Необхідно також зазначити, що на відміну від програми WSat у програмі HRPT Reader зображення у вікно відображення завантажуються таким чином, що для перегляду необхідно використовувати скрол-бар. При цьому на панелі Zoom у блоці управління показу зображення (у правому нижньому куті) з'являється позначка Full. Якщо необхідно збільшити розмір зображення, то на панелі Zoom вибираються позначки 1:1 або 2:1. Крім того, якщо курсор миші наведено на будь-який піксель на зображенні, то внизу інтерфейсу програми HRPT Reader у блоці управління показу зображення ліворуч панелі Zoom виводиться температура у цій точці (у градусах за Цельсієм або за Фаренгейтом), а також координати (широта і довгота) точки, у якій показується температура і час у форматі UTC, коли ця інформація була записана.

При виборі наступної вкладки False colour відкривається вікно із

знімком у вигляді зображення з синтезованими кольорами, як було показано вище на рис. 2.48.

При завантаженні зображення у блоці вибору параметрів відображення зверху з'являється назва супутника, з якого показується зображення, і назва

False colour Bright ch. $\bigcirc 1$ $\bigcirc 4$ 2 05 $\bigcirc 3$ OVI. Bright adjust None O Stretch 💽 Hist eq. O Hist eq. illum O Hist eq. full Gamma 1.0

NOAA-16

вкладки, що відкрилася.

Нижче розташовується панель Bright ch. на якій можна задати п'ять різних каналів яскравості, позначивши цифру 1 - 5, і сумарний канал яскравості (VI).

На панелі Bright adjust можна перетворювати пікселів для покращення яскравість представлення зображення. Позначивши None, перетворення яскравості не відбувається. Для розтягування діапазону яскравості необхідно позначити Stretch, а щоб провести еквалізацію гістограми яскравості, необхідно вибрати одну з трьох позначок: Hist eq., Hist eq. illum або Hist eq. full. Крім того, на цій панелі можна задати коефіцієнт гамма-корекції для точного відображення зображення на екрані монітора (при \sim $\gamma > 1.0$ зображення стає світлішим, при $\gamma < 1.0$ зображення стає темнішим, більш контрастним).

На панелі Crispen можна вибрати ступінь підкреслення контурів зображення. Позначивши None, підкреслення контурів не відбувається. Для

Crispen	
🔘 None	
💿 Crispen	
🔘 More	

включення процесу підкреслення контурів необхідно позначити Crispen, а щоб зробити підкреслення контурів ще більшим, необхідно вибрати позначку More.

нижній вибору V частині блока параметрів відображення розташовуються дві панелі, які дозволяють настроювати кольори на зображенні.

На панелі Colour ch. можна задати два різних канали кольору, позначивши цифру 4 або 5. Також на панелі Sea colour можна задати колір,

Colour ch.
- Sea colour
On 🔲 🚺
Threshold
40 🛟

яким буде відображатися водна поверхня. Для цього необхідно поставити позначку праворуч напису On, натиснути на позначку палітри і на палітрі з кольорами, що з'являється, вибрати необхідний колір. Водна поверхня при цьому фарбується вибраним кольором. Крім того, у вікні Threshold можна вибрати поріг показу кольору водної поверхні. Натиснувши на верхній трикутник праворуч

вікна вибору порогу, його значення буде збільшуватися на одиницю, а натиснувши на нижній трикутник – буде зменшуватися на одиницю.

При виборі вкладки RGB відкривається вікно із знімком у вигляді зображення у форматі RGB з трьома кольорами (червоний, зелений, синій),

як показано на рис. 2.51.

При завантаженні зображення у блоці вибору параметрів відображення зверху з'являється назва супутника, з якого показується зображення, і назва вкладки, що відкрилася. Також, як видно на рис. 2.51, ліворуч у блоці вибору параметрів відображення з'являються нові три панелі, за допомогою яких можна вибирати, з яких спектральних каналів проводити настроювання кольорів, відповідно, зверху вниз, червоного, зеленого і синього кольору. Для кожного з цих кольорів можна вибирати один з п'яти основних записаних у файлі каналів (відповідно, поставивши позначку поруч з номером каналу 1 - 5), а якщо для прийнятого знімка синтезовані ще п'ять каналів, то можна задіяти ще один з п'яти додаткових каналів (відповідно, поставивши позначку поруч з номером каналу 6 - 10). За умовчанням вибрані наступні канали: для червоного кольору – перший спектральний канал [Ch 1], для зеленого – другий спектральний канал [Ch 2], для синього – четвертий спектральний канал [Ch 4].



Рисунок 2.51 – Вигляд вікна вкладки RGB. Територія України (18.10.2012)

Крім того, якщо поставити позначку ліворуч напису Stretch, то можна розтягнути діапазони кольорів, що виводяться на зображенні. Зняття позначки Stretch призводить до активізації кнопки Adjust, при натисканні якої відкривається вікно для ручного настроювання кольорів з метою покращення представлення зображення, яке показано на рис. 2.52.

У верхній частині вікна розміщується гістограма яскравості одного з вибраних каналів. Вибір кольорів, які настроюються, проводиться на

панелі **Colour**, поставивши позначку, відповідно, ліворуч або літери **R**, або літери **G**, або літери **B**. При цьому (за умовчанням) виводиться відповідна гістограма яскравості, яка відповідає першому спектральному каналу [**Ch 1**] для червоного кольору, другому спектральному каналу [**Ch 2**] для зеленого кольору і четвертому спектральному каналу [**Ch 4**] для синього кольору.

Яка частина гістограми виключається з розфарбовування вибраним кольором, показується лінією на гістограмі відповідного кольору (червоного, зеленого або синього). Знизу гістограми яскравості розташовуються три трикутника (лівий – чорного кольору, середній – сірого і правий – білого). Натиснувши лівою кнопкою миші на правому або лівому трикутнику, можна визначати, які елементи гістограми будуть розфарбовуватися одним з трьох кольорів. При пересуванні лівого (чорного) трикутника з гістограми виключається діапазон, що знаходиться ліворуч, а при пересуванні правого (білого) – виключається діапазон, що знаходиться праворуч. Середній (сірий) трикутник показує середину діапазону кольору, який змінюється, якщо рухається правий або лівий трикутник. При нерухомих правому і лівому трикутниках переміщення середнього трикутника дозволяє нелінійно змінювати насиченість кольору, тобто фактично проводити гамма-корекцію. Якщо середній трикутник переміщується ближче до лівого (чорного) трикутника, то пряма вигинається уверх (більше підвищуються малі значення яскравості), а якщо переміщується ближче до правого (білого), то пряма вигинається униз (малі значення яскравості більше понижуються). Крім того, на панелі Gamma можна переглянути коефіцієнти гамма-корекції для кожного з трьох каналів кольору: червоного, зеленого і синього. Також, якщо поставити позначку ліворуч напису Set R = G = B, то можна змінювати коефіцієнти гамма-корекції одночасно і однаково для всіх трьох кольорів.



Рисунок 2.52 – Вікно для ручного настроювання кольорів

Для попереднього перегляду розфарбованого зображення необхідно натиснути на кнопку **Apply**. Автоматичне розфарбовування зображення може бути здійснено при натисканні кнопки **Auto**. Завантаження файлу, обробленого і збереженого раніше, можливо при натисканні кнопки **Load**. Натиснувши кнопку **Save**, зображення з вибраними параметрами зберігається, а кнопка **OK** закриває вікно **Adjust** і вибрані параметри кольорів набирають чинності. Вийти з вікна **Adjust** можна також, натиснув на кнопку **Cancel**.

При виборі вкладки User відкривається вікно із знімком у вигляді зображення у форматі **RGB** з трьома кольорами (червоний, зелений, синій), як показано на рис. 2.53.



Рисунок 2.53 – Вигляд вікна вкладки User. Територія України (18.10.2012)

При завантаженні зображення у блоці вибору параметрів відображення зверху з'являється назва супутника, з якого показується зображення, і назва вкладки, що відкрилася. Також на рис. 2.53 видно, що ліворуч у блоці вибору параметрів відображення розміщуються три панелі, за допомогою яких можна вибирати ступінь насиченості трьох кольорів (User red, User green, User blue). На відміну від попередньої вкладки RGB, у якій вибираються спектральні канали для настроювання кольорів, у вкладці User з'являється можливість користувачу самостійно вибрати п'ять градацій насиченості кожного з трьох кольорів уверх (відповідно, поставивши позначку поруч з числами 1 - 5) або вниз (відповідно, поставивши позначку поруч з числами -1 – -5). Крім того, так як і у вікні вкладки **RGB**, можна поставити позначку ліворуч напису **Stretch** для розтягування діапазонів кольорів, що виводяться на зображенні. Необхідно також зазначити, що при знятті позначки Stretch активізується кнопка **Adjust**, натискання якої призводить до відкриття вікна для ручного настроювання кольорів. Робота у вікні **Adjust** вкладки **User** аналогічна роботі у вікні **Adjust** вкладки **RGB**, що була описана вище.

При виборі вкладки NOAA відкривається вікно, в якому можна обробити знімок одним з тринадцяти реалізованих у програмі алгоритмів покращення зображення (Snow (3a), BD, CC, EC, HE, HF, JF, JJ, MB, MD, WV (-10..-60), WV (-5..-90), ZA). Для цього на панелі Algorithm у блоці вибору параметрів відображення необхідно поставити позначку ліворуч від назви алгоритму. При цьому оброблений цим алгоритмом знімок завантажується у блок відображення, як це показано на рис. 2.54. Більш докладно застосування цих алгоритмів для аналізу характеристик хмарності на зображеннях буде описано нижче.



Рисунок 2.54 – Вигляд вікна вкладки NOAA з вибраним алгоритмом обробки **Snow** (3a). Територія України (18.10.2012)

При виборі вкладки **Temperature** відкривається вікно із знімком, на якому різним кольором представлена температура підстилаючої поверхні, як це показано на рис. 2.55.



Рисунок 2.55 – Вигляд вікна вкладки **Temperature**. Територія України (18.10.2012)



При завантаженні зображення у блоці вибору параметрів відображення зверху з'являється назва супутника, з якого показується зображення, і назва вкладки, що відкрилася. Нижче розміщується шкала температури підстилаючої поверхні, за допомогою якої можна визначити температуру у регіоні, який зображений на знімку. Діапазон температур, який задається для показу за умовчанням, лежить у межах від -50 °C до +30 °С, нижчим температурам відповідають темніші сині кольори, середнім температурам – зелені кольори, а більшим – жовті і червоні кольори. Крім того, як зазначалося вище, у блоці управління показу зображення поруч з панеллю Zoom виводиться температура (у градусах за Цельсієм або за Фаренгейтом) у точці, на яку

наведений курсор миші, а також координати (широта і довгота) цієї точки і



час у форматі UTC, коли ця інформація була записана.

Поставивши позначку ліворуч напису User range, користувач має можливість самостійно вибирати межі діапазону температур, які виводяться на зображенні. Для збільшення температури на один градус необхідно натиснути на верхній трикутник праворуч (ліворуч) вікна вибору діапазону температур, а для зменшення

температури на один градус необхідно натиснути на нижній трикутник. При цьому на шкалі температури підстилаючої поверхні будуть показуватися тільки ті кольори, які відповідають вибраному діапазону температур. У той же час на зображенні температур у вікні відображення також будуть показуватися тільки ці кольори. Якщо на знімку є області, де температура виходить за межі вибраного діапазону, то вони будуть відображатися світлосірим кольором для негативних температур (< 0 °C) і темно-сірим кольором для позитивних температур (> 0 °C).

Крім того, у блоці вибору параметрів відображення є можливість зберегти зображення з вибраними діапазонами температур у форматі .**raw**, натиснувши на кнопку **Save temps**.

При виборі вкладки SST відкривається вікно із знімком, на якому різним кольором представлена температура водної поверхні, як це показано

на рис. 2.56.

NOAA-16 Sea surface		
0°C		
5°C		
10°⊂		
15°⊂		
20°C		
25°C		
30°C		

При завантаженні зображення у блоці вибору параметрів відображення зверху з'являється назва супутника, з якого показується зображення, і назва вкладки, що відкрилася. Нижче розміщується шкала температури водної поверхні, за допомогою якої можна визначити температуру поверхні, що зображена на знімку. Діапазон температур, який задається для показу за умовчанням, лежить у межах від -2 °C до +37 °C, нижчим температурам відповідають темніші сині кольори, середнім

температурам – зелені кольори, а більшим – жовті і червоні кольори. За межами цього діапазону температур вони відображаються світло-сірим кольором для менших температур і темно-сірим кольором для більших температур.



Рисунок 2.56 – Вигляд вікна вкладки SST. Територія України (18.10.2012)



Нижче шкали температур розміщується панель **Range**, за допомогою якої можна автоматично вибирати діапазони температур, які будуть відображатися на зображенні. Позначивши **Full**, на зображенні показується весь діапазон температур, який задається за умовчанням. Поставивши позначку ліворуч **Cool**, можна переглянути карту температур від -2 °C до +15 °C, **Warm** – від +5 °C до +20 °C, Hot – від +15 °C до +30 °C. Поставивши позначку ліворуч User, користувач має можливість самостійно вибирати межі діапазону температур -2 °C до +37 °C, які виводяться на зображенні. Для збільшення температури на один градус необхідно натиснути на верхній трикутник праворуч (ліворуч) вікна вибору діапазону температур, а для зменшення температури

на один градус необхідно натиснути на нижній трикутник. Також необхідно зазначити, що мінімальний діапазон температур, який може відображатися на зображенні, складає 3 °C. Також поставивши позначки ліворуч написів **Cloud check** і **Zenith check**, можна контролювати (перевірити) наявність хмар або зеніту. Крім того, у вікні **Reject** можна задавати нижній поріг температури, який буде відображатися на зображенні. Для збільшення температури на один градус необхідно натиснути на верхній трикутник праворуч вікна вибору порога температур, а для зменшення температури на один градус необхідно натиснути на нижній трикутник. Також у блоці вибору параметрів відображення є можливість зберегти зображення з вибраними діапазонами температур у форматі .**raw**, натиснувши на кнопку **Save temps**.

При виборі вкладки **Vegetation** відкривається вікно із знімком, на якому у градаціях сірого представлений індекс вегетації (**NDVI**), як це показано на рис. 2.57.

При завантаженні зображення у блоці вибору параметрів відображення зверху з'являється назва супутника, з якого показується зображення, і назва вкладки, що відкрилася.

Темніші частини зображення показують більший вегетаційний індекс, а світлі – менший. Нормалізований різницевий вегетаційний індекс (NDVI) розраховується за двома каналами:

NDVI = (chan 2 - chan 1)/(chan 2 + chan 1).



Рисунок 2.57 – Вигляд вікна вкладки Vegetation. Територія України (18.10.2012)

Білому кольору (255) на зображенні відповідає NDVI < -0,05, чорному кольору (0) – NDVI > 0,6, а інші значення градацій сірого визначаються за формулою: $240 - (NDVI + 0,05) \cdot 350$.

Крім того, якщо у блоці вибору параметрів відображення позначити **Add colour**, то можна показати області з більшим вегетаційним індексом у червоному кольорі (рис. 2.58).

При виборі вкладки **Ch4 – Ch5** відкривається вікно із знімком, на якому показується зображення суми четвертого і п'ятого спектральних каналів, що записані на станції прийому, як це показано на рис. 2.59.



Рисунок 2.58 – Вигляд вікна вкладки Vegetation з позначкою Add colour. Територія України (18.10.2012)



Рисунок 2.59 – Вигляд вікна вкладки Ch4 – Ch5. Територія України (18.10.2012)



Вкладка Option блока управління програмою HRPT Reader. За допомогою вкладки Option можна настроювати параметри роботи з зображенням.

По-перше, позначивши вкладку **Despeck**le, можна дозволити або заборонити видалення пікселів з помилками.

По-друге, вибравши вкладку **Gamma** correction, можна задати зазначені значення коефіцієнта гамма-корекції для трьох каналів

кольору: при $\gamma = 1.0$ гамма-корекція не відбувається (None); при $\gamma = 1.3$ відбувається слабка гамма-корекція (Weak); при $\gamma = 1.7$ гамма-корекція – середня (Medium); при $\gamma = 2.1$ гамма-корекція буде сильною (Strong); найбільша гамма-корекція буде при $\gamma = 2.5$ (Stronger).

По-третє, натиснувши на вкладку **Colour LUT**..., можна вибрати іншу кольорову палітру, якщо вона є в окремому файлі.

По-четверте, для забезпечення компромісу між розміром і якістю зображення можна вибрати ступінь стиснення зображення, вибравши вкладку JPEG save quality, при цьому існує три рівні стиснення – низький (Low), середній (Medium) і високий (High).

По-п'яте, натиснувши на вкладку **Results location**..., можна визначити папку, в яку буде записуватися зображення.

По-шосте, вибір вкладки **Image filename format**... дозволяє стандартизувати імена вихідних файлів.

По-сьоме, позначивши вкладку **Fast view**, можна задати показ всіх каналів, окрім синтезованих, відразу після завантаження. Ця вкладка дозволяє працювати на комп'ютерах, швидкодія яких невелика, або на яких не вистачає пам'яті.

По-восьме, вибір вкладки **Low memory threshold** дозволяє задати об'єм пам'яті на диску для роботи з зображенням – 64MB, 128MB, 192MB.

По-дев'яте, позначивши вкладку **Track when scrolling**, можна здійснювати плавну прокрутку зображення, якщо цю функцію підтримує відеокартка.

По-десяте, позначивши вкладку Allow 2:1 zoom, можна вибрати режим збільшення зображення у два рази. При цьому у блоці управління показу зображення на панелі **Zoom** виводиться вікно для позначки 2:1.

По-одинадцяте, натиснувши вкладку Flip pass direction, можна здійснювати показ зображення у зворотному напрямі, тобто, якщо зображення показується так, якби супутник рухався з півдня на північ, то при натисканні вкладки показується зображення так, якби супутник рухався,

навпаки, з півночі на південь.

По-дванадцяте, при натисканні вкладки **Overlay** options відкривається вікно, яке показане на рис. 2.60.

HRPT Reader - Overlay Options	
Colour	Цвет ? × Основные цвета:
Colour	Locate
Colour Latitude & longitude grid Te Grid line labels	emperature
Colour Home marker	ations Дополнительные цвета:
Home Latitude: 55,900001 Longitude: -3,200000	
Enter decimal degrees, W and S of Greenwich are negative	Определить цвет >>
1	ОК Отмена
OK	Cancel

Рисунок 2.60 – Вигляд вікна вкладки Overlay options

У цьому вікні користувач може задати показ (накладання на зображення) кордонів держав і границь берегової лінії, позначивши **Country and state boundaries**. База кордонів держав знаходиться в окремому файлі **Countries**. **dat**, а дані про берегову лінію у файлі **gshhs_i.b**, які можна завантажити, натиснувши на кнопку **Locate**..., що розташована праворуч, а колір кордонів держав, які будуть показуватися на зображенні, можна задати, натиснувши на кнопку **Colour**..., яка відкриває палітру кольорів.

Крім того, позначивши User overlay, можна завантажити (накласти на зображення) креслення, які користувач виконав самостійно і зберігає в окремому файлі. Для цього необхідно натиснути на кнопку Locate..., що розташована праворуч. Колір креслень користувача, які будуть показуватися на зображенні, можна задати, натиснувши на кнопку Colour..., яка відкриває палітру кольорів.

Позначивши Latitude & longitude grid, можна задати показ (накладання на зображення) ліній сітки Землі, а позначивши Grid line labels, лінії сітки Землі підписуються через п'ять градусів. Колір ліній сітки Землі, які будуть показуватися на зображенні, можна задати, натиснувши на кнопку Colour..., яка відкриває палітру кольорів.

Вигляд вікна вкладки Ch1 з вибраними позначками Country and state boundaries, Latitude & longitude grid i Grid line labels у вікні вкладки Overlay options показаний на рис. 2.61. При цьому кордони держав з файла **Countries.dat** показуються червоним кольором, а лінії сітки Землі – зеленим. Ліворуч на лініях сітки Землі можна побачити позначки широт, наприклад 50 °S.

Крім того, у вікні вкладки **Overlay** options можна вибрати показ місця розташування станцій прийому, інформація про які зберігається у файлі **stations.dat**, поставивши позначку ліворуч напису **Stations**. Також у цьому вікні можна задати положення напису температури та положення домашньої позначки.



Рисунок 2.61 – Вигляд вікна вкладки Ch1 з вибраними позначками Country and state boundaries, Latitude & longitude grid i Grid line labels у вікні вкладки Overlay options



Для включення або відключення показу кордонів держав і ліній сітки Землі необхідно натиснути на кнопку з піктограмою, яка знаходиться знизу у блоці управління показу зображення.



яка знаходиться знизу у блоці управління показу зображення. Також, якщо відображення кордонів держав і ліній сітки Землі не співпадають з реальними на зображенні, то їх можна

корегувати за допомогою кнопок, що розміщуються зліва у блоці управління показу зображення. Натиснувши на відповідну

кнопку з червоним трикутником, відображення кордонів держав і ліній сітки Землі зміщуються вліво, вправо або вверх, вниз. Середня кнопка повертає відображення кордонів держав і ліній сітки Землі до початкового стану (до корегування).

Кнопка ОК закриває вікно **Overlay options** і вибрані параметри набирають чинності. Вийти з вікна можна також, натиснув на кнопку **Cancel**.

Linear Line	Вкладка View блока управління
View Help	програмою HRPT Reader. За допомогою
Telemetry data Channel histograms Diagnostics	вкладки View є можливість переглянути додаткову інформацією про записаний файл і про результати діагностики роботи програми.

Натиснувши вкладку **Telemetry data...**, відкривається вікно, в якому можна переглянути телеметричну інформацію декодованого формату **HRPT** і даних температури.



Натиснувши вкладку **Channel histograms...**, відкривається вікно, в якому показуються гістограми яскравості зображень для кожного з п'яти записаних спектральних каналів, а натиснувши лівою кнопкою миші на гістограмі яскравості, показуються чисельні значення гістограми, як це показано на рис. 2.62.



Рисунок 2.62 – Вигляд вікна вкладки Channel histograms...

Крім того, на гістограмах червоними маркерами показуються 0,25 % і 99,85 % межі яскравостей, що зазначені на гістограмах.

Натиснувши вкладку **Diagnostics**..., відкривається вікно, показане на рис. 2.63. У вікні, що відкрилося, можна переглянути інформацію про загальну характеристику файла, який завантажений у блок відображення програми **HRPT Reader** (загальний розмір файла, формат файла, скільки доріжок було записано у файл, скільки ліній містить знімок). Крім того, виводиться інформація про лінії на знімку, які були записані з помилками. Також виводиться загальна інформація про програму, яка дозволяє проводити діагностику її роботи.

A Line by line data	- 🗆 ×				
HRPT Reader - version V2.4.6.429 - run started at 2012-Vep-01 08:00:48 UTC					
Decode of file: C:\HRPTreader\9.06.2011\hrpt01.dat					
File is 34945696 bytes.					
10B format					
File is 2518 records.					
Picture is 2518 lines.					
0 0284 016F 035C 019D 020F 0095 2 160 05:39:08.365 PRT[0]:352 352 352, Cal:3=810 4=418 5=449 Space:	L=115				
2 0284 016F 035C 019D 020F 0095 1 160 05:39:08.698 PRT[0]:000 000 000, Cal:3=810 4=412 5=397 Space:	L=38 2				
3 0284 016F 035C 019D 020F 0095 2 162 05:39:08.865 PRT[1]:345 345 345, Cal:3=810 4=411 5=396 Space:	L=38 2				
X 7 0284 0381 0284 0384 006C 0005 3 14 01:10:26.477 PRT[2]:621 356 855, Cal:3=546 4=355 5=402 Space:1=	378 2				
X 9 0284 02F7 01D5 0077 0059 027D 0 32 20:44:17.819 PRT[3]:873 725 382, Cal:3=493 4=555 5=581 Space:1=	438 2				
X 17 0284 0330 01D5 0085 0015 01BE 3 87 03:37:13.856 PRT[4]:485 735 355, Cal:3=474 4=533 5=479 Space:1=	483 2				
X 18 0284 0136 0039 028B 03B2 008C 2 289 09:36:54.188 PRT[0]:709 687 697, Cal:3=593 4=596 5=538 Space:	L=379				
1250 0284 016F 035C 019D 020F 0095 3 160 05:42:41.032 PRT[4]:357 357 357, Cal:3=809 4=410 5=395 Space	e:1=36				
1251 0284 016F 035C 019D 020F 0095 1 160 05:42:41.198 PRT[0]:000 000, Cal:3=809 4=411 5=395 Space	e:1=36				
1252 0284 016F 035C 019D 020F 0095 2 160 05:42:41.365 PRT[1]:348 348 348, Cal:3=809 4=411 5=395 Space	a:1=36				
1253 0284 016F 035C 019D 020F 0095 3 160 05:42:41.532 PRT[2]:359 359 359, Cal:3=809 4=410 5=395 Space	e:1=36				
1254 0284 016F 035C 019D 020F 0095 1 160 05:42:41.698 PRT[3]:355 355 355, Cal:3=809 4=411 5=395 Space	1=36				
1255 0284 016F 035C 019D 020F 0095 2 160 05:42:41.865 PRT[4]:357 357 357, Cal:3=809 4=410 5=395 Space	1=36				
1256 0284 016F 038C 019D 020F 0095 3 160 05:42:42.032 PRT[0]:000 000 000, Cal:3=809 4=411 5=395 Space	1=38				
1257 0284 016F 038C 019D 020F 0095 1 160 05:42:42.198 PRT[1]:348 349 348, Cal:3=809 4=410 5=395 Space	1=38				
1258 0284 016F 035C 019D 020F 0095 Z 160 05:42:42.365 PRT[2]:359 359 359, Cal:3=809 4=411 5=395 Space	1=38				
1259 0284 016F 035C 019D 020F 0095 3 160 05:42:42.532 PRT[3]:354 354 354, Cal:3=809 4=410 5=395 Space	1=38				
1260 0284 0167 0360 0190 0207 0095 1 160 05:42:42.698 PRT[4]:357 357 357, Cal:3=809 4=411 5=395 Space	38=1:3				
1261 0284 016F 038C 019D 020F 0095 2 160 05:42:42.865 PRT[0]:000 000 000, Cal:3=809 4=411 5=395 Space	38=1:3				
1262 U284 U16F U38C U19D U2UF UU95 3 16U U5:42:43.032 PRT[1]:348 348 348, Cal:3=809 4=410 5=395 Space	38=1:3				
1263 U284 U16F U38C U19D U2UF UU95 1 16U U5:42:43.198 PRT[2]:359 359 359, Cal:3=809 4=410 5=395 Space	38=1:3				
1264 U284 U16F U38C U19D U2UF UU95 2 16U U5:42:43.365 PRT[3]:355 355, Cal:3=809 4=410 5=395 Space	38=1:3				
1265 U284 U16F U38C U19D U2UF UU95 3 16U U5:42:43.532 PRT[4]:357 357, Cal:3=809 4=410 5=395 Space	38=1:3				
1266 0284 0169 0356 0190 0209 0095 1 160 05:42:43.698 PRT[0]:000 000 000, Cal:3=809 4=410 5=395 Space	5: T=35				
	- H				

Рисунок 2.63 – Вигляд вікна вкладки Diagnostics...

Справка: HRPT Reader help - by David Taylor, Edinburgh	? ×
Содержание Предметный указатель Приск	
Выберите раздел и нажмите кнопку "Показать" или выберите другую	
вкладку, например, "Предметный указатель".	_
💭 General	<u> </u>
2 Introduction	
2 Registration	
2 Installation and Usage	
Program Status & Distribution:	
Explorer Integration	
Expected Performance	
Speeding up the program	
Batch-mode operation	
Menus	
Operations	-
S Data Formats	-
Закрыть Печать Отм	ена

Вкладка Help блока управління програмою HRPT Reader. Вкладка Help призначена для отримання інформації про програму HRPT Reader та основи роботи з нею. Вікно вкладки Help є стандартним вікном допомоги операційної системи Windows. Необхідно зазначити, IIIO інформація у вікні вкладки Help представлена англійською мовою і деякі аспекти роботи програми HRPT Reader не відображені.
Таким чином, програма **HRPT Reader** дозволяє проводити попередню обробку знімків з метеосупутників та аналізувати інформацію, яка на них відображається.

2.3.2. Покращення якості зображення для аналізу характеристик хмарності на зображеннях

Алгоритми покращення якості зображення розділяються на декілька груп: затемнення або освітлення зображення; підвищення або зниження контрастності; зміни колірного діапазону; розтягнення або стиснення діапазонів яскравості пікселів.

Градація температур у прийнятому інфрачервоному зображенні досить велика і візуально відрізнити кордони різних класів об'єктів (хмари, водні поверхні, суша тощо) по колірних характеристиках досить важко. Ці дані можуть бути представлені у самому знімку, але хмари і підстилаюча поверхня візуально можуть мало розрізнятися.

Для покращення візуального сприйняття космічних знімків з метою виділення хмар розроблені спеціальні алгоритми, призначені для збільшення контрасту між досліджуваним об'єктом та його фоном. Такі алгоритми також можна застосовувати для дослідження розподілу колірних характеристик у середині об'єкта, що цікавить. Кінцевий результат обробки відображається у вікнах перегляду програми у градаціях сірого кольору.

Виявити деякі особливості на зображенні оператор може при його обробці одним з реалізованих у програмі **HRPT Reader** алгоритмів: Snow (3a), BD, CC, EC, HE, HF, JF, JJ, MB, MD, WV (-10..-60), WV (-5..-90), ZA. Для цього оператор вибирає вкладку NOAA і на панелі **Algorithm** у блоці вибору параметрів відображення ставить позначку ліворуч від назви алгоритму. Реалізовані у програмі **HRPT Reader** алгоритми дозволяють покращити якість зображення, що особливо корисно під час аналізу наявності і характеристик хмарності на знімках.

Параметри реалізованих алгоритмів представлені у вигляді таблиць (табл. 2.1 – табл. 2.7). Ці параметри використовуються для покращення якості знімків в інфрачервоному діапазоні з метою визначення діапазонів верхньої та нижньої температур хмар. Після застосування методів підвищення якості зображень яскравість (або колір) вихідного зображення змінюється залежно від яскравості температурного діапазону на вихідному знімку.

Коротко розглянемо методи покращення зображення, реалізовані у програмі **HRPT Reader**, та їх застосування для аналізу хмарності. Обробку зображення з супутника NOAA з використанням методів покращення зображення будемо проводити на прикладі вихідного зображення, наведеного

на рис. 2.64. На вихідному зображені представлені різні типи хмарності.

Метод покращення НЕ. Цей метод використовується в основному для ідентифікації широкого спектра хмар, але через складність обчислення алгоритму може бути ускладнене його використання на практиці. З використанням двох діапазонів дублюючого сірого є можливість визначити межу верхньої температури хмар.



Рисунок 2.64 – Вихідне зображення з супутника NOAA

Залежність температури поверхні, яка реєструється на знімку інфрачервоного діапазону, від градацій сірого обробленого зображення представлена на рис. 2.65.

У табл. 2.1 наведені параметри методу покращення НЕ, при цьому у першому стовбці зазначені номери областей, у другому – вихідні значення градацій сірого (ордината на рис. 2.65), у третьому – температурний діапазон (°С), який відповідає певній області (абсциса на рис. 2.65), у четвертому – наведені данні про відповідність градацій сірого на зображенні деяким типам підстилаючої поверхні та хмар.



Рисунок 2.65 – Графік залежності параметрів для методу покращення НЕ

Таблиця 2.1	– Парамет	ри методу	покращення НЕ
-------------	-----------	-----------	---------------

Номер області	Вихідні значення градацій сірого	Температурний діапазон (°С)	Коментарі
1	0-0	56.7 - 27.8	Малоінформативна область
2	0-60	27.7 - 15.9	Поверхня і водойми
3	65 - 210	15.7 – 0.1	Водойми і низькі хмари
4	80 - 255	-0.129.8	Фронти тропосфери
5	60 - 60	-30.139.8	Темно-сіра область
6	110 - 110	-40.144.8	Сіра область
7	160 - 160	-45.149.7	Світло-сіра область
8	0-0	-50.054.7	Чорна область
9	255 - 255	-55.059.9	Біла область
10	55 – 255	-60.279.5	Діапазон дублювання сірого кольору
11	55 – 255	-80.099.4	Діапазон дублювання сірого кольору
12	255 – 255	-100.4110.3	Малоінформативна область

Як видно з графіка залежності градацій сірого на зображенні від

температури (див. рис. 2.65) та параметрів методу покращення НЕ (див. табл. 2.1), даний алгоритм розподіляє значення температури на 12 областей і кожному діапазону відповідають свої значення градацій сірого кольору. На рис. 2.66 показаний результат обробки вихідного зображення з використанням методу покращення НЕ.



Рисунок 2.66 – Результати обробки вихідного зображення з використанням методу покращення НЕ

На рис. 2.66 видно, що в результаті обробки області зображення з земною поверхнею без хмар (у нижній частині знімка і праворуч на знімку) і область зображення з хмарами (у середній і верхній частинах знімка) можна розділити за кольором градацій сірого. Крім того, темно-сірі кольори на зображенні відповідають 5-й області (температурний діапазон -30.1 – -39.8 °C), а сірий колір у середині 5-ї області відповідає температурному діапазону -40.1 – -44.8 °C, тобто відповідає 6-й області. Також у 6-й області можна побачити і світло-сірий колір, що відповідає 7-й області (температурний діапазон -45.1 – -49.7 °C).

Таким чином, аналіз обробленого за допомогою методу покращення НЕ зображення дозволяє розділити різні області хмарності, що може бути використано під час оцінки структури хмар.

Метод покращення HF. Метод покращення HF забезпечує хороший ефект для визначення рівня низьких і середніх хмар. Дві додаткових області з "дублюванням сірого" визначають верхню межу температури хмар. Залежність температури поверхні, яка реєструється на знімку інфрачервоного діапазону, від градацій сірого обробленого зображення представлена на рис. 2.67. У табл. 2.2 наведені параметри методу покращення НF, при цьому позначення стовбців такі ж самі, як і у табл. 2.1.



Рисунок 2.67 – Графік залежності параметрів для методу покращення HF

1аолиця 2.2 — Параметри методу покращення ні	2.2 – Параметри методу покращен	ня HF
--	---------------------------------	-------

Номер області	Вихідні значення	Температурний	Коментарі
	градацій сірого	діапазон (°С)	
1	0-0	56.7 - 27.8	Малоінформативна
			область
2	0-255	27.7 – -29.8	Низькі та середні
			хмари
3	60 - 60	-30.139.8	Темно-сіра область
4	110 - 110	-40.144.8	Сіра область
5	160 - 160	-45.149.7	Світло-сіра область
6	0-0	-50.054.7	Чорна область
7	255 - 255	-55.059.9	Біла область
8	55 - 255	-60.279.5	Діапазон
			дублювання сірого
			кольору
9	55 - 255	-80.099.4	Діапазон
			дублювання сірого
			кольору
10	255 - 255	-100.4110.3	Космос

Як видно з графіка залежності градацій сірого на зображенні від температури (див. рис. 2.67) та параметрів методу покращення НF (див. табл. 2.2), даний алгоритм розподіляє значення температури на 10 областей і кожному діапазону, як і у попередньому методі, відповідають свої значення

градацій сірого кольору.

На рис. 2.68 показаний результат обробки вихідного зображення з використанням методу покращення HF.



Рисунок 2.68 – Результати обробки вихідного зображення з використанням методу покращення HF

На рис. 2.68 видно, що в результаті обробки на зображенні краще виділяються області з низькими та середніми хмарами (область 2 – температурний діапазон 27.7 – -29.8 °C), які розташовані у середній частині знімка. Темно-сірі кольори на зображенні, як і при обробці попереднім методом, відповідають температурному діапазону -30.1 – -39.8 °C, сірий колір – температурному діапазону -40.1 – -44.8 °C, а світло-сірий колір – температурному діапазону -45.1 – -49.7 °C).

Таким чином, аналіз обробленого за допомогою методу покращення HF зображення дозволяє виділити області з низькими та середніми хмарами, що може бути використано під час оцінки швидкості руху хмар.

Метод покращення JF. Метод покращення JF являє собою гібридну схему, яка використовується для виділення і температури поверхні моря, і вершини холодних хмар, пов'язаних з грозами та іншими метеорологічними явищами. Максимальне покращення виконується у теплому діапазоні (від $+25 \,^{\circ}$ C до $+10 \,^{\circ}$ C), що може бути використано для відображення температури

поверхні моря і теплих низьких хмар у тропічних і субтропічних областях.

Залежність температури поверхні, яка реєструється на знімку інфрачервоного діапазону, від градацій сірого обробленого зображення представлена на рис. 2.69. У табл. 2.3 наведені параметри методу покращення JF, при цьому позначення стовпців такі ж самі, як і в таблицях, що наведені вище.



Рисунок 2.69 – Графік залежності параметрів для методу покращення JF

Як видно з графіка залежності градацій сірого на зображенні від температури (див. рис. 2.69) та параметрів методу покращення JF (див. табл. 2.3), даний алгоритм розподіляє значення температури на 10 областей і більше областей, у порівнянні з методом покращення HF, відповідають теплим температурам (1 – 3 області).

Номер області	Вихідні значення градацій сірого	Температурний діапазон (°С)	Коментарі
1	0-0	56.7 - 24.8	Тепла вода і земна поверхня
2	10 - 255	24.7 – 10.2	Градієнт температури води
3	255 - 255	10.0 - 0.1	Буферна зона
4	115 – 177	-0.132.9	Середні хмари/Рівень заморожування
5	117 – 117	-33.242.7	Контур першого рівня (сіра область)

Таблиця 2.3 – Параметри методу покращення JF

6	155 – 155	-43.053.7	Грозові хмари (світло-сіра область)
7	70 - 70	-54.059.9	Грозові хмари (темно-сіра область)
8	0-0	-60.263.6	Грозові хмари (чорна область)
9	15 – 255	-64.080.0	Діапазон дублювання сірого кольору
10	255 – 255	-80.6110.3	Холодні хмари або космос

На рис. 2.70 показаний результат обробки вихідного зображення з використанням методу покращення JF.



Рисунок 2.70 – Результати обробки вихідного зображення з використанням методу покращення JF

На рис. 2.70 видно, що в результаті обробки на зображенні підкреслюються області з високою температурою, яким відповідають земна та водна поверхні (область 1 – температурний діапазон 56.7 – 24.8 °C). На

зображенні ці області показані білим кольором. Температура земної та водної поверхонь, як правило, завжди вище температури хмар, тому виділені білим кольором області можна віднести до поверхонь, які не закриті хмарами. На відміну від попередніх методів даний метод не дозволяє розподілити хмари з невеликими температурами, але є можливість аналізу грозових хмар.

Таким чином, аналіз обробленого за допомогою методу покращення JF зображення дозволяє виділити області з підвищеними температурами, що може бути використано під час оцінки відсотку земної поверхні, закритою хмарами.

Метод покращення JJ. Метод покращення JJ використовується для виділення температури поверхні моря та вершини холодних хмар, що пов'язані з грозами та іншими метеорологічними явищами. Максимальне підвищення якості зображення виконується у теплому діапазоні (від 23 °C до 0 °C), що використовується для відображення температури поверхні моря і теплих низьких хмар.

Залежність температури поверхні, яка реєструється на знімку інфрачервоного діапазону, від градацій сірого обробленого зображення представлена на рис. 2.71. У табл. 2.4 наведені параметри методу покращення JJ, при цьому позначення стовпців такі ж самі, як і в таблицях, що наведені вище.



Рисунок 2.71 – Графік залежності параметрів для методу покращення JJ

Номер області	Вихідні значення градацій сірого	Температурний діапазон (°С)	Коментарі
1	0-0	56.7 - 22.8	Тепла вода і земна поверхня
2	5 - 255	22.7 – 0.1	Градієнт температури води
3	115 – 177	-0.132.9	Середні хмари / Рівень заморожування
4	117 – 117	-33.242.0	Контур першого рівня (сіра область)
5	1 – 209	-42.259.8	Перисті хмари / конвекція
6	36 - 255	-60.280.6	Грозові хмари
7	8-255	-81.2104.9	Тропічна конвекція
8	255 - 255	-106.9110.3	Неінформативна область

Таблиця 2.4 – Параметри методу покращення ЈЈ

Як видно з графіка залежності градацій сірого на зображенні від температури (див рис. 2.71) та параметрів методу покращення ЈЈ (див. табл. 2.4) даний алгоритм розподіляє значення температури на вісім областей, дві з яких відповідають теплим температурам, також темно-сірим кольором відображаються області з перистими хмарами, а чорним – грозові хмари.

На рис. 2.72 показаний результат обробки вихідного зображення з використанням методу покращення ЈЈ. На рис. 2.72 видно, що в результаті обробки на зображенні підкреслюються області з перистими і грозовими хмарами (області 5 та 6 – температурні діапазони, відповідно, -42.2 - -59.8 °C і -60.2 - -80.6 °C), а області земної поверхні з високою температурою виділяються не так чітко, як це було під час застосування методу покращення JF. Але виділені білим кольором області теплої температури земної поверхні (перша область – температурний діапазон 56.7 – 22.8 °C) дозволяють також віднести їх до поверхонь, які не закриті хмарами.

Таким чином, аналіз обробленого за допомогою методу покращення JF зображення дозволяє розділити різні області хмарності, а також виділити області з підвищеними температурами, що може бути використано під час оцінки відсотку земної поверхні, закритою хмарами.



Рисунок 2.72 – Результати обробки вихідного зображення з використанням методу покращення JJ

Метод покращення MB. Метод покращення MB призначений для аналізу конвекції у теплу пору року. Результатом обробки зображення можуть бути межі низьких та середніх хмар, а також виділення самої холодної ділянки хмари. При використанні даного методу конкретна температура не може бути отримана, тільки її наближене значення. Цей метод використовується для кількісної оцінки опадів.

Залежність температури поверхні, яка реєструється на знімку інфрачервоного діапазону, від градацій сірого обробленого зображення представлена на рис. 2.73. У табл. 2.5 наведені параметри методу покращення, при цьому позначення стовпців такі ж самі, як і в таблицях, що наведені вище.



Рисунок 2.73 – Графік залежності параметрів для методу покращення МВ

Таблиця 2.5 – Параметри методу покращення MI	Таблиця 2.5	$-\Gamma$	Іараметри	методу	покращення	MB
--	-------------	-----------	-----------	--------	------------	----

Номер	Вихідні значення	Температурний ліапазон (°С)	Коментарі
1	0-0	56.8 - 29.3	Малоінформативна область
2	0-100	29.2 - 6.8	Характеристики поверхні / теплі хмари
3	101 – 176	6.731.2	Хмари середнього рівня
4	117 – 117	-31.642.3	Перисті хмари / грозові хмари (сіра область)
5	155 – 155	-42.553.3	Перисті хмари / грозові хмари (світло-сіра область)
6	70 – 70	-53.659.4	Перисті хмари / грозові хмари (темно-сіра область)
7	0-0	-59.763.1	Перисті хмари/ грозові хмари (чорна область)

8	0-255	-63.580.5	Перисті хмари /
			грозові хмари
			(діапазон дублювання
			сірого кольору)
9	255 - 255	-81.1110.1	Перисті хмари /
			грозові хмари (біла
			область)

Як видно з графіка залежності градацій сірого на зображенні від температури (див. рис. 2.73) та параметрів методу покращення МВ (див. табл. 2.5) даний алгоритм розподіляє значення температури на дев'ять областей, вісім з яких відповідають температурам, що притаманні різним типам хмар, як перистим, так і грозовим.

На рис. 2.74 показаний результат обробки вихідного зображення з використанням методу покращення МВ.



Рисунок 2.74 – Результати обробки вихідного зображення з використанням методу покращення MB

На рис. 2.74 видно, що в результаті обробки на зображенні добре відображаються області з хмарами середнього рівня (область 3 – температурний діапазон 6.7 – -31.2 °C), а також різні області з перистими хмарами (області 4 та 5 – температурні діапазони, відповідно, -31.6 –

-42.3 °C i -42.5 – -53.3 °C).

Таким чином, аналіз обробленого за допомогою методу покращення МВ зображення дозволяє розділити різні області хмарності, що може бути використано під час оцінки структури хмар.

Метод покращення MD. Метод підвищення якості зображення MD використовується в основному для обробки знімків, отриманих у теплу пору року і забезпечує покращення контрастності.

Залежність температури поверхні, яка реєструється на знімку інфрачервоного діапазону, від градацій сірого обробленого зображення представлена на рис. 2.75. У табл. 2.6 наведені параметри методу покращення, при цьому позначення стовпців такі ж самі, як і в таблицях, що наведені вище.



Рисунок 2.75 – Графік залежності параметрів для методу покращення MD

Номер області	Вихідні значення градацій сірого	Температурний діапазон (°С)	Коментарі
1	0-0	56.8 - 29.3	Малоінформативна область
2	0 – 135	29.2 - 6.8	Характеристики поверхні / низькі хмари
3	135 – 210	6.731.2	Хмари середнього рівня
4	85 – 120	-31.642.3	Перисті хмари / грозові хмари (сіра область)

5	150 - 185	-42.553.3	Перисті хмари / грозові хмари (світло-сіра область)
6	60 - 95	-53.659.4	Перисті хмари / грозові хмари (темно-сіра область)
7	0-0	-59.763.1	Перисті хмари / грозові хмари (чорна область)
8	0-255	-63.580.5	Діапазон сірого кольору, що дублюється
9	255 – 255	-81.1110.1	Холодні хмари або космос (біла область)

Як видно з графіка залежності градацій сірого на зображенні від температури (див. рис. 2.75) та параметрів методу покращення MD (див. табл. 2.6) даний алгоритм розподіляє значення температури на дев'ять областей. Діапазони температур у цьому методі покращення вибрані такі ж самі, як і в методі покращення MB, але градації сірого кольору, які відповідають цим діапазонам, відрізняються. За рахунок цього підвищується контрастність і в результаті покращується виділення температурних границь хмар різних типів.

На рис. 2.76 показаний результат обробки вихідного зображення з використанням методу покращення MD.

На рис. 2.76 видно, що в результаті обробки на зображенні краще відображаються границі областей з хмарами середнього рівня (область 3 – температурний діапазон 6.7 – -31.2 °C), а також границі областей з перистими хмарами (області 4 та 5 – температурні діапазони, відповідно, -31.6 – -42.3 °C і -42.5 – -53.3 °C).

Таким чином, аналіз обробленого за допомогою методу покращення MD зображення дозволяє виділити границі різних областей хмарності, що може бути використано під час оцінки структури хмар.



Рисунок 2.76 – Результати обробки вихідного зображення з використанням методу покращення MD

Метод покращення WV. Метод покращення якості зображення WV використовує тільки температурний діапазон від -10 °C до -60 °C. Це найбільш важливий діапазон, тому що в ньому відображається вологість середнього і верхнього шарів тропосфери.

Залежність температури поверхні, яка реєструється на знімку інфрачервоного діапазону, від градацій сірого обробленого зображення представлена на рис. 2.77. У табл. 2.7 наведені параметри методу покращення WV, при цьому позначення стовбців такі ж самі, як і в таблицях, що наведені вище.



Рисунок 2.77 – Графік залежності параметрів для методу покращення WV

Номер області	Вихідні значення	Температурний	Коментарі
	градацій сірого	діапазон (°С)	
1	0-0	18.010.7	Малоінформативна
			область
2	0-255	-10.860.2	Вологість або
			холодні хмари
3	255 - 255	-60.5124.9	Холодні хмари або
			космос

Таблиця 2.7 – Параметри методу покращення WV

Як видно з графіка залежності градацій сірого на зображенні від температури (див. рис. 2.77) та параметрів методу покращення WV (див. табл. 2.7) даний алгоритм розподіляє значення температури на три області. Але найбільш інформативною є тільки область 2 (діапазон температур -10.8 – -60 °C). За рахунок цього можна виділити хмари з вологістю або холодні хмари.

На рис. 2.78 показаний результат обробки вихідного зображення з використанням методу покращення WV. На рис. 2.78 видно, що в результаті обробки на зображенні в градаціях сірого кольору відображається тільки область 2 з діапазоном температур -10.8 – -60 °C), всі інші температури на зображенні не відображаються.

Таким чином, аналіз обробленого за допомогою методу покращення WV зображення дозволяє виділити хмари з вологістю або холодні хмари, що може бути використано під час оцінки структури і швидкості руху хмар.



Рисунок 2.78 – Результати обробки вихідного зображення з використанням методу покращення WV

Для підвищення точності прогнозування руху хмар на певний інтервал часу необхідно враховувати температуру у нижній частині хмари. Використання результатів обробки даних супутників NOAA дозволяє вивчати загальний температурний розподіл відбиваючої поверхні. Для аналізу радіаційної температури використовується 4-й і 5-й канали даних супутника NOAA.

Для створення карти температур земної і водної поверхонь та хмар використовується або вкладка Temperature, або вкладка SST. Опис цих вкладок був наведений вище.

На рис. 2.79 представлена карта температур вихідного знімка супутника NOAA (див. рис. 2.64) при виборі вкладки Temperature. Як видно на рисунку, ліворуч відображається колірна температурна шкала, за якою можна оцінювати температуру верхнього шару хмар. Діапазон температур, які відображаються на знімку, лежить у межах від -50 °C до +30 °C.

На рис. 2.80 представлена карта температур вихідного знімка супутника NOAA (див. рис. 2.64) при виборі вкладки SST. Як видно на рисунку, ліворуч також відображається колірна температурна шкала, за якою можна оцінювати температуру поверхні землі, але діапазон температур, які відображаються на знімку, лежить у межах від 0 °C до +15 °C.

Температура земної та водної поверхні, як правило, завжди вище температури хмар, тому карти температур можна використовувати для визначення поверхонь, які не закриті хмарами.



Рисунок 2.79 – Результат температурного аналізу даних супутника NOAA при виборі вкладки Temperature



Рисунок 2.80 – Результат температурного аналізу даних супутника NOAA при виборі вкладки SST

Таким чином, температурний аналіз даних супутника NOAA дозволяє виділити області з підвищеними температурами, що може бути використано під час оцінки відсотку земної поверхні, закритою хмарами.

Також опосередковано розділити земну поверхню від хмар можна за допомогою індексу вегетації (NDVI). Земна поверхня з рослинністю має більший індекс NDVI, а хмари мають практично нульовий індекс NDVI. Найбільш ефективно таке розподілення здійснюється у весняно-літній період. Для перегляду індексу NDVI вибирається вкладка Vegetation і у вікні, що відкривається, аналізується індекс вегетації. Опис вкладки Vegetation був наведений вище.

На рис. 2.81 відображені індекси вегетації (NDVI) вихідного знімка супутника NOAA (див. рис. 2.64).



Рисунок 2.81 – Результат аналізу індексу вегетації (NDVI) даних супутника NOAA

Як видно на рис. 2.81, земна поверхня має вищий індекс NDVI у порівнянні з хмарами. Тому індекс вегетації може бути використаний під час оцінки відсотку земної поверхні, закритою хмарами.

Таким чином, аналіз знімків, оброблених за допомогою методів покращення зображення, а також побудова карт розподілу температур водної та земної поверхонь дозволяють виділити на знімку області, закриті хмарами. Також результати аналізу можуть бути використані під час оцінки структури і швидкості руху хмар.

2.4. Технологія отримання знімків через мережу INTERNET

Існує альтернативний варіант отримання знімків з супутників NOAA, якшо відсутня станція прийому. Для цього можна використати мережу INTERNET. Наприклад, за адресою: http://hobitus.com/noaa/raw/hobitus-noaa-raw-02061254.zipraw викладається вже попередньо оброблений файл знімка з супутника NOAA – raw файл. Необхідно нагадати, що протягом всього польоту супутника у зоні дії станції прийому (9 – 14 хвилин) він передає на Землю отриману інформацію послідовним способом. Прийнятий сигнал оцифровується і записується у зовнішню пам'ять ПЕВМ. Записаний під час прольоту супутника аудіофайл, як правило, має великий розмір (близько 15,5 Мбайт). Тому розробниками сайта пропонується попередню обробку прийнятого сигналу і представлення його у вигляді гаw файла проводити у мережі INTERNET. Отриманий після первинної обробки файл викладається у мережі INTERNET, при цьому розмір файла буде вже близько 4,5 Мбайт, що у три рази менше аудіофайла. Після попередньої обробки здійснюється перетворення гам файлу та його декодування у звичайне зображення за допомогою програми WXtoImg, яку також можна знайти безкоштовно у мережі INTERNET. Для прив'язки знімка до системи координат розробники сайта пропонують використання файла з картою, який також викладається у мережі INTERNET за адресою http://hobitus. com/noaa/raw/hobitus-noaa-map-02061254.zip«map», його розмір 1.4 Мбайт. Певним недоліком такого підходу є те, що файли викладаються авторами сайта всього один раз на день.

Таким чином, отримати знімки з супутників NOAA, якщо відсутня станція прийому, можна через мережу INTERNET. Для цього необхідно знайти і скачати програму **WXtoImg**, скачати з зазначених вище адресів гаw файл і тар файл і дотримуватися інструкції з відкриття гаw файла. Щоб проводити аналіз даних з отриманих таким чином зображень необхідно розглядати фотографію безпосередньо у програмі **WXtoImg**. Коротко розглянемо роботу з програмою декодування прийнятого сигналу **WXtoImg** [14].

2.4.1. Програма для запису і декодування прийнятого сигналу

Для запису і декодування сигналів з супутників NOAA можна використовувати програму **WXtoImg** [15]. Версії цієї програми розроблені для операційних систем Windows, Linux і MACOS. З описом можливостей програми можна ознайомитися на сторінці у мережі INTERNET [16].

Після запуску програми потрібно відкрити пункт меню File і далі вкладку

Update Keplers, після чого програма автоматично оновлює орбітальні параметри супутників NOAA. Після цього необхідно вибрати у пункті меню **Options** вкладку **Ground Station Location**, в який вводяться координати місця розташування станції прийому (рис. 2.82). Це необхідно для того, щоб програма могла скласти графік (дату і час) прольоту супутників NOAA над територією, що досліджується.

	P
City:	Minsk
Country:	Belarus
	Lookup Lat/Lon
Enter City and Cour longitude in degree entered as positive (example: enter 45	try and click Lookup Lat/Lon or enter labitude and and fractions of degrees. North and east should be numbers, south and west as negative numbers degrees 30 minutes west as -45,500).
Latitude:	53.85
Longitude:	27.5
Altitude (meters):	200.0
Use GPS on	COM1: - at 4800 - baud
	Set PC clock from GPS (if use GPS enabled)
	F Set PC clock from GPS (if use GPS enabled)

Рисунок 2.82 – Вікно вводу місця розташування станції прийому

Для перегляду графіку прольотів супутників NOAA необхідно у пункті меню File вибрати вкладку **Satellite Pass List**. В результаті відкриється вікно, в якому буде представлений графік прольотів супутників NOAA (рис. 2.83). Відрізок часу, на який прогнозуються прольоти, можна вибрати, натиснувши кнопку біля напису **Look ahead**.

diile :	absove 011-07	8.0 de	12013	with m	avisum elevation () , Rosso (eléx) ()	UL1 over 20	0.0 degree	ня ИСІ.
011-0	7-03 U	тс						
Fax-e	liste	DAT	181	Long	local Time	UTC Time	Duration.	Freq
\$10 A.A	17	м	43.8	398	07-03 19 37:24	16(37)24	10:41	137.6200
AAGM	4.9	M	404	168	07-03 21:17:20	16:17:20	10:45	137,6200
NOAA	18	R	243	483	07-04 02:49:19	23149119	9184	137.1000
0-110	7-04 U	TC						
Fate.	11150	Dir	883	Long	Local Time	UTC Time	Inration.	Freq
MOAA.	18	8	204	248	07-04 04:29:39	01:29:39	11:45	137,1000
MO.A.A	18	8	368	403	07-04 05:35:43	02:36:43	10143	137.6000
AA OR	18	8	458	178	07-04 07:16:39	04:16:39	10:46	137.6000
MACKS.	17	в	528	368	07-04 09:25:51	06:25:51	11:07	137.6200
MOAA	17	8	3.58	138	07-D4 11:05:05	08:05:05	10:10	137,6200
MOAA	18	31	783	308	07-04 14:22:33	11:22:33	11:44	137.1000
MOAA	18	31	248	478	07-04 15:25:33	12:25:33	9:11	137.5000
MOAA	18	м	574	5.8	07-04 16:05:10	13:05:10	9:18	137, 1000

Рисунок 2.83 – Вікно виводу графіку прольотів супутників NOAA над територією, що досліджується

Шоб декодувати радіосигнали супутників NOAA, необхідно звуковий вихід приймача приєднати до лінійного входу (Line-In) звукової карти ПЕВМ. Перед включенням приймача необхідно встановити рівень гучності на ньому на мінімальне значення, а тільки потім включати і встановлювати потрібне значення частоти і модуляції. Для контролю звукового потоку можна використовувати навушники, приєднані до лінійного виходу (Line-Out) звукової карти ПЕВМ (після приєднання кабелю до звукового входу приймача звук перестає подаватися на його динамік) або до звукового входу приймача через розгалуджувач. Потім необхідно вибрати у пункті меню File вкладку Mixer control. При цьому відкриється вікно настройок рівня запису звуку (рис. 2.84). Як джерело звуку, який записуватиметься, потрібно вибрати Лин. вход (поставити відмітку у пункт Вибрати), оскільки саме до нього приєднаний кабель від приймача. Рівень гучності у колонці Лин. вход необхідно поставити у середнє положення. На якість записаного зображення дуже сильно впливає гучність звуку при записі та його потрібно постійно контролювати.



Рисунок 2.84 – Вікно настройки рівня гучності звукозапису

Після описаних вище настройок необхідно вибрати у пункті меню File вкладку Record та у вікні, що з'являється, внизу натиснути кнопку Auto Record. Після цього програма перейде у режим очікування і у рядку статусу в нижньому лівому куті головного вікна програми (рис. 2.85) з'явиться напис про назву найближчого супутника, його частоту і час сходу над горизонтом. Коли настає вказаний час, програма WXtoImg переходить у режим запису сигналу. Вийти з режиму очікування або достроково перервати запис можна у пункті меню File у підпункті Stop.

•	
2011-07-03 16:10 UTC	
Status: waiting for NOAA 17 (no	orthbound 41 E) on 137.6200 MHz at 2011-07-03 16:37:24 UTC

Рисунок 2.85 – Вигляд рядка статусу програми **WXtoImg** у режимі очікування прольоту супутника

Підчасзаписузображення восновномувікні програмивідображатиметься декодована картинка. Основна інформація, яка контролюється у цей час, є рівень гучності звуку при записі. Для цього необхідно звернути увагу на індикатор у правому нижньому куті основного вікна програми (рис. 2.86). Червоним кольором і великими відсотками позначається дуже великий рівень звуку, жовтим кольором і низькими відсотками – дуже низький рівень звуку, обидва випадки неприпустимі. Зеленим кольором і середніми відсотками позначається оптимальний рівень звуку, який необхідно підтримувати.



Рисунок 2.86 – Індикація рівня гучності записуваного сигналу

Необхідно зазначити, що у процесі запису звуку недоцільно прокручувати зображення за допомогою скрол-бара, який розташований праворуч від вікна, це може призвести до розділення результуючого зображення на блоки. Також необхідно звернути увагу на те, що при підльоті супутника до області зеніту (під час запису внизу основного вікна програма пише поточне значення кута місця супутника – рис. 2.87, параметр Elev.) програма буде показувати, що сигналу з супутника ще нема. Для отримання сигналу необхідно поступово збільшувати гучність приймача, при цьому необхідно постійно стежити за станом індикатора гучності запису. При записі рівень

гучності повинен бути таким, щоб індикатор показував 50 % - 75 %.



Рисунок 2.87 – Блок статусу запису звуку

Якщо рівень гучності буде дуже високий, слабкі деталі будуть втрачені у дуже ярких областях. Якщо гучність буде дуже низькою, деякі деталі будуть втрачені по всьому зображенню. У процесі запису не потрібно змінювати рівень гучності – це призводить до спотворень.

Після завершення запису звуку картинка буде оброблена автоматично. Її подальшу обробку користувач може проводити самостійно.

2.4.2. Короткий огляд ресурсів космічних знімків у мережі INTERNET

На даний час у мережі INTERNET є великий обсяг космічних знімків Землі. Ця інформація, як правило, викладається у вигляді каталогів, які дозволяють безкоштовно отримати інформацію про наявність знімків певного типу на дану територію, оцінити якість за даними у каталозі у зменшеному переглядовому зображенні. Як вже відзначалося вище, космічні знімки можуть отримуватися з супутників низького просторового розрізнення NOAA, а також з геостаціонарних супутників GOES, METEOSAT, GMS, з супутників середнього просторового розрізнення SeaStar, Terra, PECУPC-O і супутників високого просторового розрізнення Landsat TM і ETM+, SPOT, ASTER, Ikonos. Необхідно зазначити, що деяка інформація з супутників може бути безкоштовною, а деяка може бути надана за відповідну плату. Коротко розглянемо перелік сайтів, на яких викладається інформація з цих супутників [17]. У зв'язку з великою кількістю різних каталогів знімків, представлених в INTERNETi, та з їх динамічним розвитком наведений огляд не може бути повним. Основна увага приділяється ресурсам, що представляють початкові знімки, які дають можливість безкоштовного використання знімків або їх зменшених версій.

Супутники низького просторового розрізнення NOAA та геостаціонарні супутники GOES, METEOSAT, GMS. Знімки з супутника NOAA розповсюджуються безкоштовно. Основним джерелом необроблених даних є інтерактивний супутниковий архів NOAA, який можна знайти за адресою: http://www.saa.noaa.gov. Координати і місце знаходження супутників NOAA у реальному масштабі часу можна подивитися на сайті: http://www.

n2yo.com/satellites/?c=4. Для замовлення знімків необхідно зареєструватися як користувач. Крім того, знімки з супутника NOAA розповсюджуються регіональними станціями прийому, наприклад, на території Росії діє мережа регіональних станцій прийому СканЭкс. За адресою: http://www.scanex. ru/rus/stations/scanex.htm можна розглянути місця розташування стацій прийому. Також зразки знімків можна знайти за адресою: http://sputnik. infospace.ru/noaa/rus_win/noaa.htm, які отримуються станцією прийому Інституту космічних досліджень РАН. Великий архів знімків (з 1981 року по теперішній час) з просторовим розрізненням 8 км можна знайти за адресою: ftp://daac.gsfc.nasa.gov/data/avhrr/continent/europe/yearly/. Перспективним бачиться створення і розміщення у мережі INTERNET архіву знімків, отриманих станцією прийому космічних знімків з супутників NOAA, що розташована в XAI.

За адресою: http://www.goes.noaa.gov можна отримати знімки, що отримуються американськими супутниками GOES на атлантичний і тихоокеанський регіони з просторовим розрізненням 1 км у видимому і 4 км у тепловому діапазонах. Дані архівуються протягом останніх трьох тижнів. За адресою: http://lwf.ncdc.noaa.gov/servlets/GoesBrowser знаходиться архів знімків GOES з 1992 року.

На сервері Нотингемського університету (Великобританія): http://www. nottingham.ac.uk/meteosat/1.2 розміщені архівні зображення європейського геостаціонарного супутника METEOSAT, а за адресою: http://www.nottingham.ac.uk/meteosat/graphif.shtml/shtml розміщуються нові знімки, які одержуються університетською станцією прийому.

Знімки з японського геостаціонарного супутника GMS за останні декілька днів архівуються за адресою: ftp://rsd.gsfc.nasa.gov/pub/Weather/GMS-5/gif/mapped/.

Супутники середнього просторового розрізнення SeaStar, Terra, PECУPC-O. Знімки з супутників SeaStar і Тегга розповсюджуються безкоштовно. Дані з супутника SeaStar можна одержувати (з дослідницькою та освітньою метою) з затримкою близько двох тижнів з моменту зйомки. Для цього необхідно стати авторизованим користувачем NASA, тобто необхідно безкоштовно послати короткий науковий проект, за адресою http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS/LICENSE/checklist.html наведені деталі, як це зробити. Інформація про супутник та архів знімків наведена за адресою: http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS/ANNOUNCEMENTS/getting_data.html наведені відомості про безкоштовне одержання знімків.

Знімки з американського супутника Terra (сканер MODIS), що приймаються станцією прийому в Москві, розміщуються за адресою:

http://www.scanex.ru/rus/stations/eoscan.htm. Зразки знімків розміщені за адресою: http://www.scanex.ru/rus/gallery/gallery.htm. Глобальний каталог знімків можна знайти за адресою: http://modis-250m.nascom.nasa.gov/ get-data/browsenew/index.asp. Крім того, через універсальний каталог можна здійснити пошук і замовлення даних через EOS Data Gateway: http://ed-cimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/. Перспективним бачиться створення станції прийому космічних знімків з супутника Terra (сканер MODIS) і розміщення її на території XAI, з подальшим створенням архіву отриманих знімків і представлення їх у мережі INTERNET.

Знімки з супутників РЕСУРС-О (МСУ-Э, МСУ-СК) зберігаються і розповсюджуються за адресою: http://sputnik.infospace.ru/welcomer.htm. Останнім часом об'єми зйомки з супутників РЕСУРС-О дуже обмежені. Великий архів знімків з супутників РЕСУРС-О (з літа 1996 року) також можна знайти за адресою: http://www.scanex.ru/rus/data/catalog.htm. На цьому ж сервері крім каталогу знімків наведені їх характеристики, ціни і знижки для освітніх установ.

Супутники високого просторового розрізнення Landsat TM і ETM+, SPOT, ASTER, Ikonos. Дані з супутників Landsat (MSS) мають просторове розрізнення 80 м, дані ТМ – просторове розрізнення 30 м у видимому, ближньому і середніх інфрачервоних діапазонах, 120 м у тепловому діапазоні. В каталозі за адресою: http://edcwww.cr.usgs.gov/webglis можна подивитися знімки з супутників Landsat. Безкоштовні зразки знімків повного розрізнення Landsat TM є в архіві NASA: http://observe.ivv.nasa. gov/nasa/education/tools /stepby/archive.html. Знімки з супутника Landsat 7 з сканером ЕТМ+ (ціною від 475 доларів США за початковий знімок) можна переглянути у каталозі: http://earthexplorer.usgs.gov. Необхідно зазначити, що немає обмежень на вторинне розповсюдження даних ЕТМ+ (тобто купивши їх одного разу, їх можна передавати або продавати). За рахунок цього створені бібліотеки, що пропонують архівні дані ЕТМ+ за зниженою або номінальною ціною, наприклад, така бібліотека розташована за адресою: http://www.transparentworld.ru/landsat/tw club.htm. Крім того, 1599 знімків ТМ і ЕТМ+ можна безкоштовно отримати з мережі INTERNET або поштою за невелику плату з глобального каталогу ESDI за адресою: http://gorgonzola.umiacs.umd.edu:8811/glcf/esdi?command=search. каталозі NASA: http://www.bsrsi.msu.edu/trfic/browser/browser trfic.html можна отримати дані MSS, TM або ETM+ на тропічні регіони за ціною 25-50 доларів США за знімок. Канадська компанія RGI: http://www.rgi.bc.ca/ розповсюджує архівні знімки ЕТМ+ за ціною 350 доларів США за знімок.

Французькі супутники SPOT працюють у багатозональному (просторове розрізнення 20 м) і панхроматичному (розрізнення 10 м) режимах. Каталог

DALI з можливістю гостьового доступу знаходиться за адресою: http:// www.spotimage.fr/home/proser/whatdali/daligst/welcome.htm. Повні дані SPOT дуже коштовні (декілька тисяч доларів США за знімок 60 × 60 км), але для узагальнених досліджень можна використовувати безкоштовні переглядові зображення, їх розрізнення складає сотні метрів. В табл. 2.8 наведені характеристики переглядових зображень для SPOT і Landsat TM у двох широко відомих Інтернет-каталогах [17]: Spotimage – http://www.spotimage.fr/home/ proser/whatdali/daligst/welcome.htm та EROS Data Center –http://edcwww.cr.usgs.gov/webglis.

Ціна знімків визначається в основному просторовим розрізненням, але знімки Landsat ETM+, які краще за знімки SPOT HRV/HRVIR спектральними каналами (8 каналів замість 4), перевершують їх по обхвату (185 \times 170 замість 60 \times 60 км) і не набагато поступаються по детальності (30 і 15 м у порівнянні з 20 і 10), коштують набагато дешевше (475 доларів США за сирий знімок у порівнянні з 2180 доларами США).

Параметри	Інтернет ката.	логи			
переглядових зображень	Spotimage http mage.fr/home/ li/daligst/welco	p://www.spoti- proser/whatda- ome.htm	EROS Data Center http://edcwww.cr.usgs.gov/ webglis		
	SPOT HRV	SPOT Pan	Landsat MSS	Landsat TM	
Розмір сцени в пікселах	500x500	404x400	500x500	382x336	
Спектральні зони (номери)	1,2,3	1	1,2,4	3,4,5	
Розрізнення, м	120x120	120x120	458x425	484x506	

Таблиця 2.8 – Характеристики переглядових зображень для SPOT і Landsat TM

ASTER – це багатозональний сканер високого розрізнення, який працює на борту супутника Тегга, що має 14 спектральних каналів: 3 канали у видимому і ближньому інфрачервоних діапазонах з розрізненням 15 м; 6 каналів у середньому інфрачервоному діапазоні з розрізненням 30 м; 5 каналів у тепловому діапазоні з розрізненням 90 м. Знімки ASTER на теперішній момент безкоштовні. За адресою: http://edcimswww.cr.usgs. gov/ pub/imswelcome/ можна здійснити пошук і замовлення даних через універсальний каталог EOS Data Gateway.

Коштовні комерційні знімки характеризуються, перш за все, високим просторовим розрізненням (Іkonos та ін., 1-4 м). При відносно низькій ціні за квадратний кілометр (від 20 – 30 доларів США) мінімальна сума замовлення складає декілька тисяч доларів. Каталог знімків з супутника Іkonos і деяких інших знаходиться за адресою: http://www.spaceimaging.com.

Російські космічні знімки високого розрізнення продає СП "Совинформспутник": http://www.sovinformsputnik.ru/.

Запуск українського супутника "Січ-2" було здійснено 17 серпня 2011 року о 07:12:20 UTC з пускової бази "Ясний" (Оренбурзька область Російської Федерації). Супутник дозволяє отримувати цифрові зображення поверхні Землі у панхроматичному і багатоспектральному діапазонах з роздільною здатністю близько 8 м. Українські космічні знімки можна замовити у Оператора КС "Січ-2" – ДП "Дніпрокосмос": www.dniprokos-mos.dp.ua.

Вартість знімків Січ-2 по заявленим характеристикам (рівні оброблення 1А, 1В) наступна:

– багатоспектрального скануючого пристрою (1 повна сцена – 47х47 км; 1/4 сцени – 23,5 × 23,5 км; 1/8 сцени – 12 × 12 км);

	1 сцена	1/4 сцени	1/8 сцени
8 м панхром	€ 1400	€ 700	€ 350
8 м композит	€ 1850	€ 925	€ 462

– сканера середнього IЧ діапазону (1 повна сцена – 55,5 × 47 км; 1/4 сцени – 27,75 × 23,5 км; 1/8 сцени – 14 × 12 км).

	1 сцена	1/4 сцени	1/8 сцени
40 м чорно-білий	€ 200	€ 100	€ 50

Таким чином, проведений аналіз показує, що існує потенціал для використання самих різних видів космічних знімків у навчальному процесі і під час наукових досліджень, навіть при обмеженому фінансуванні.

2.5. Застосування технології отримання космічних знімків NOAA

Під час проведення сеансів приймання знімків на станції прийому знімків з супутників NOAA технологічний процес (роботу оператора) можна розподілити на три основних етапи:

- підготовка до приймання знімків;

- безпосереднє приймання знімків;

- попередній аналіз отриманих знімків.

Розглянемо роботу оператора станції прийому знімків з супутників NOAA під час роботи на кожному з цих етапів.

2.5.1. Технологічний процес приймання знімків

1. На початку сеансу необхідно включити станцію прийому. Спочатку включається персональний комп'ютер і завантажується програмне забезпечення. Це робиться для того, щоб у першу чергу забезпечити роботу лінійного входу звукової картки ПЕВМ до подачі на нього сигналу з виходу приймача. Якщо цього не зробити можливий вихід з ладу звукової картки ПЕВМ.

Потім почергово подається живлення (включається відповідний тумблер) на:

– пульт дистанційного керування поворотним пристроєм G-5500 (клавіша POWER у положення ON);

– приймач HRPT 137 (тумблер (ON, OFF) у положення ON);

- генератор RIG-65 (червона клавіша вмикання та вимикання).

Живлення 12 В на понижуючий перетворювач (з 1700 МГц до 137 МГц) подається через коаксіальний кабель з приймача HRPT 137.

2. Готовність зазначених пристроїв до роботи характеризується наступними показниками:

– на пульті дистанційного керування поворотним пристроєм освітлюються обидва індикатори **AZIMUTH** та **ELEVATION**;

– на приймачі HRPT 137 освітлюються два індикатори – контролю рівня сигналу (**Signal**) та контролю якості узгодження (**Tune**):

– на генераторі RIG-65 горять зеленим світлом п'ять лампочок (1, 2, 3, 4, 5), що вказують на робочі канали прийому інформації (CHANNEL) і помаранчевим світлом індикатор (I), який свідчить, що працюють всі п'ять каналів одночасно. Крім того, червоним світлом горять індикатор синхронізації з супутником (Sync) та індикатор наявності помилки приймання інформації (Err).

3. Перед початком роботи оператор може (якщо цього не було зроблено раніше) на пульті керування поворотним пристроєм G-5500 встановити індикатори на 0, як це було описано вище. Якщо встановлення індикаторів на 0 було зроблено раніше, оператор тільки контролює показання індикаторів **AZIMUTH** та **ELEVATION**.

4. Після подачі живлення на всі пристрої станції прийому знімків і контролю готовності їх до роботи оператор завантажує на екран першого

монітора спеціальну програму WXtrack.

Для запуску програми оператор наводить курсор на ярлик програми **WXtrack** і натискає два рази на ліву кнопку миші. Після цього на екрані монітора з'являється запит на оновлення ефемерид за допомогою мережі IN-TERNET. Якщо оновлення не потрібно, то оператор натискає кнопку Ignore. Після натиснення кнопки **Ignore** на екрані монітора з'являється інтерфейс програми **WXtrack**, показаний на рис. 2.21.

За допомогою програми **WXtrack** оператор створює та вивчає графік проходження вибраних супутників через зону радіовидимості станції прийому і вибирає супутник, з якого буде прийматися інформація.

5. Для створення графіку проходження вибраних супутників через зону радіовидимості станції прийому оператор входить до вкладки **Setup**, яка знаходиться у верхній частині інтерфейсу програми **WXtrack**. Після вибору вкладки **Setup** на екрані монітора з'являється вікно, яке показано на рис. 2.88.



Рисунок 2.88 – Вікно при виборі вкладки Setup

У вікні **Setup** оператор спочатку вибирає супутники з бази даних у вікні зліва та методом переносу додає назви супутників з лівого вікна **Available** у праве вікно **Active**. При цьому назва супутника зникає у лівому вікні і з'являється у правому. Таким чином, оператор створює список супутників, з якими буде працювати станція прийому. Якщо списки супутників були вже створені раніше, оператор тільки переконується, що виведений необхідний список у правому вікні **Active**. Одночасно можна створити три різних списки супутників, для зміни списку оператору необхідно вибрати позначку 1, 2 або 3 на панелі **Active bank**. Після вибору списку супутників, зображення супутників, їх ефемериди та зони радіовидимості з'являються на фоні карти у блоці відображення інтерфейсу програми **WXtrack** (див. рис. 2.21).

6. Для вибраного списку супутників програма **WXtrack** за заданими даними будує графік проходження супутників через зону радіовидимості станції прийому, який відображається у вікні **Setup** праворуч зверху, як показано на рис. 2.89.



Рисунок 2.89 – Графік проходження вибраних супутників через зону дії станції прийому

Графік створюється на добу у порядку за часом проходження вибраних супутників через зону радіовидимості станції прийому. Для кожного супутника вказується зліва направо місяць, день, час, хвилина, секунда, довгота входу у зону радіовидимості станції прийому, тривалість перебування у зоні радіовидимості станції прийому (у секундах) та назва супутника.

Оператор також може переглянути графік на будь-яку дату, якщо натисне на трикутник біля вікна вибору дати. При цьому з'являється зображення календаря на місяць з позначкою поточного дня. За допомогою календаря можна вибрати будь-який день, місяць і рік як у минулому, так і у майбутньому.

При натисканні оператором кнопки **Get next pass** у вікні буде виділений наступний за часом супутник, який буде входити у зону радіовидимості станції прийому. Більш докладно можливості роботи з зазначеним графіком описані вище.

7. Наступним кроком роботи оператора є вибір місця розташування станції прийому космічної інформації. Для цього він натискає кнопку Edit



у правій нижній частині вікна Setup. У вікні, яке відкриється, оператор набирає інформацію про назву міста, його географічні координати (довготу і широту), висоту над рівнем моря у метрах та мінімальний кут нахилу. В результаті цього місто буде занесено до поточного списку, що відображається у вікні Choose location.

Якщо данні про місце розташування станції прийому космічної інформації вже були внесені раніше, оператор тільки контролює правильність вибору. Більш докладно можливості роботи з вибору місця розташування станції прийому описано вище.

8. Визначивши місце розташування станції прийому космічної інформації, оператор у лівій нижній частині вікна Setup також контролює, а якщо необхідно, вказує новий шлях до баз даних та шлях запису вихідних даних станції прийому.

9. Після проведених операцій оператор визначає:

- необхідну зону зйомки;

- супутник, який забезпечує визначену зону зйомки;

– час, коли супутник буде знаходитися над необхідною зоною зйомки.

Для цього він закриває вікно Setup і звертається до нижньої частини



інтерфейсу програми WXtrack.

На панелі вибору часу оператор вибирає ручне управління часом, позначивши **Manual**. Після цього на панелі вибору дати, часу та супутника у ручному режимі оператор змінює час у правому вікні за допомогою позначок біля вікна. Змінивши час (натиснувши на верхній трикутник біля вікна вибору часу поточний час збільшується на 1 годину, а натиснувши на нижній трикутник – зменшується на 1 годину), оператор спостерігає у блоці відображення за зміною ефемерид та положенням супутника над різними зонами на карті, а також спостерігає за положенням зони зйомки і зони радіовидимості станції прийому. Крім того, у нижньому вікні оператор у ручному режимі вибирає назви супутників, які здійснюють зйомку, натиснувши трикутник праворуч вікна. При цьому у блоці відображення оператор також спостерігає: за зміною ефемерид; за положенням супутника; за положенням зони зйомки і зони радіовидимості станції прийому. Проведені операції дозволяють оператору прийняти рішення про супутник, який буде проводити зйомку необхідної зони та час проходження цього супутника над зоною зйомки.

10. Для визначення часу знаходження супутника у зоні радіовидимості станції прийому оператор спочатку натискає праворуч зверху у вікні **Setup** кнопку **Print ephemeris**... і у вікні, що з'являється (рис. 2.90), переглядає графік прольоту супутників через зону радіовидимості станції прийому, а також знаходить час найближчого сеансу з вибраним супутником. Якщо необхідно переглянути весь графік, то його можна роздрукувати для аналізу.

Крім того, щоб визначити найкращі умови прийому, коли супутник буде проходити безпосередньо над станцією прийому, оператор може переглянути діаграму прольоту супутників через зону радіовидимості станції прийому. Для цього необхідно вибрати у вікні, що з'явилося, вкладку Time Line (рис. 2.91). Як відзначалося вище, найкращі умови прийому будуть при великих кутах місця, які на діаграмі позначаються світло-зеленим кольором. Переглянувши час прольоту і кути нахилу всіх супутників на діаграмі, оператор вибирає необхідний час знаходження супутника у зоні радіовидимості станції прийому.

JUNIU	of chuemens	Time Line Pas	is Details					
WXt	rack pass pr	ediction for	с воскресе	нье,	2012 1	tap 25		 _
Sta	tion in Khar	cov, locate	i at 36,16	E, 5	0,00"	1		
Pas.	s elevation	at least 25	,U degrees	for	at les	ast 150	seconds	
N/S	Satellite	AOS	LOS	Mins	Elev	Long	_	
		Греция,	Гурция (ле	70)		,		
s	NOAA 19 [+]	01:42:41	01:46:10	4	30*	52°		_
S	NPP [+]	02:08:26	02:14:28	7	54°	43°		
s	NOAA 19 [+]	03:22:24	03:28:27	7	51*	28"		_
S	NOAA 18 [+]	03:38:36	03:45:14	7	70°	40°		
s	NPP [+]	03:49:58	03:52:49	3	28*	20"		
S	FENGYUN 1D	04:24:57	04:31:41	7	83°	38°		
S	NOAA 17 [P]	08:52:15	08:58:39	7	80°	35"		
S	NOAA 16 [P]	09:36:45	09:43:28	7	78°	34°		
Ν	NOAA 19 [+]	13:12:57	13:19:43	7	79*	38"		
Ν	NOAA 18 [+]	13:30:38	13:35:12	5	35°	49°		-
••	****	10.00.00	10.40.00	-	201	~ * *		<u>.</u>

Рисунок 2.90 – Вигляд вікна при натисненні кнопки Print ephemeris...

Satellite v	isibili	ity for a	24 hours	- 2012-ма	p-25				
	00	03	06	09	12	15	18	21	24
FENGYUN 1D	·		•						
NOAA 16 [P]				-				-	-
NOAA 17 [P]				_			-	-	-
NOAA 18 [+]		-							
NOAA 19 [+]									
									_ ' _
Click on a p	ass for	more de	tails			Elevati	on key		
						Pass >	10° F	ass > 50°	
						Pass >	20° F	ass > 70°	
						Pass >	301		

Рисунок 2.91 – Вигляд вікна при виборі вкладки Тіте Line

Детальну інформацію про характеристики польоту вибраного супутника оператор може отримати, якщо увійде до вкладки **Pass Details** (рис. 2.92).

11. Якщо супутник, який буде здійснювати зйомку, вибраний, наприклад NOAA 19, у нижній частині інтерфейсу програми **WXtrack** оператор аналізує інформацію про розташування вибраного супутника: азимут (**Az**), кут місця (**El**), довготу (**Lon**), широту (**Lat**), його відстань від станції прийому (**Range**) і висоту над рівнем моря (Alt) у даний момент часу.

Також праворуч у нижній частині інтерфейсу програми WXtrack оператор аналізує інформацію про: час найближчого сеансу зйомки; тривалість зйомки; максимальне відхилення кута місця вибраного супутника, а також про початок, кінець і кут місця наступного сеансу з цим супутником.

Available	Active	Show passes for Passes for 2012 Tpa 00 (UTC)	
ACTS ADEOS II ADEOS II AVREISTAR ALSAT 1 MIC-10 (GE-10)	NO:	WATERS - Epheneris generation - Nus two de look de deuter Zeel	
MC-9 (GE-12) MOS 1		NOAA 16 2012-Tpe-08 03:04:03 - 03:10:37	
		03:03:20 65"M 46"E 2842EE 22" 19" 1916km 03:04:20 60"M 45"E 2643Hz 25" 28" 1556km 03:05:20 56"M 43"E 2238Hz 30" 40" 1234km	
Set priority	ľ	03:06:20 53'N 41'E 1415Hz 45' 57' 909km 03:07:20 40'N 39'E 56Hz 102' 72' 900km 03:06:20 40'N 39'E 164Hz 162' 55' 981km	
Choose file paths Path for satellite orbital elem	nci: file	03:09:20 43°M 37°E -2215Hz 177° 40° 1221hm 03110:20 39°M 35°E -2635Hz 103° 28° 1541hm 03111:20 36°M 34°E -2042Hz 106° 15° 1500km	
D: IPaRus/Pa6otal/01A/1/NO/	k/W/A	Will 17 2012/Teac08 09:22:21 - 09:21:20	
Paths to satellite picture files Cr(WXSat(8MP)		×	
Path for results files	_	Save as Print Close	
Topographic colours from M	orki Man har	active and Reset control in 90 9W to 54 - 9E	

Рисунок 2.92 – Вигляд вікна при виборі вкладки Pass Details

12. На підставі проаналізованої інформації оператор наводить антену по азимуту і куту місця. Для повороту антени по азимуту оператору необхідно натиснути клавішу **LEFT** або клавішу **RIGHT** на пульті дистанційного

керування (рис. 2.93). Відповідно, антена повертається або проти годинникової стрілки, або за годинниковою стрілкою. При цьому стрілка індикатора **AZIMUTH** рухається або ліворуч, або праворуч відповідно. За показаннями індикатора **AZIMUTH** встановлюється необхідний азимут. Для даних прикладу, наведеного вище, азимут дорівнює 186,1 град.



Рисунок 2.93 – Передня панель пульта дистанційного керування

Для повороту антени по куту місця оператору необхідно натиснути клавішу **UP** або клавішу **DOWN** на пульті дистанційного керування (див. рис. 2.93). Відповідно, антена піднімається або вверх, або опускається вниз. При цьому стрілка індикатора **ELEVATION** рухається або праворуч, або ліворуч відповідно. За показаннями індикатора **ELEVATION** встановлюється необхідний азимут. Для даних прикладу, наведеного вище, кут місця дорівнює 26,9 град.

13. У зв'язку з тим, що кожний супутник передає інформацію на конкретній частоті, то оператор повинен на передній панелі приймача HRPT 137 за допомогою ручки **CHANNEL** здійснити вибір одного з п'яти частотних каналів (1, 2, 3, 4, 5). Для даних, наприклад супутника NOAA 19, це буде другий частотний канал – 1698,0 МГц \rightarrow 141,0 МГц. Крім того, оператору необхідно вибрати формат сигналу, що обробляється, або **PDUS**, або **HRPT** за допомогою тумблера (**PDUS**, **HRPT**).

2.5.2. Технологічний процес безпосереднього приймання знімків

1. За п'ять хвилин до визначеного часу входу вибраного супутника у зону радіовидимості станції прийому оператор контролює готовність до сеансу приймання знімків на станції прийому знімків NOAA. Він контролює правильність наведення антени по азимуту і куту місця на індикаторах **AZIMUTH** і **ELEVATION** пульта дистанційного керування поворотним пристроєм, а також вибраного частотного каналу на передній панелі
приймача HRPT 137.

2. Після контролю готовності до сеансу приймання знімків оператор завантажує на екран другого монітора спеціальну програму WSat. Для запуску програми оператор наводить курсор на ярлик програми WSat і натискає два рази на ліву кнопку миші. Після цього на екрані монітора з'являється інтерфейс програми WSat і оператор вибирає вкладку Record → HRPT, як показано на рис. 2.22. За допомогою програми WSat оператор здійснює запис інформації під час сеансу приймання знімків.

3. Вхід супутника у зону радіовидимості станції прийому оператор контролює на фоні карти інтерфейсу програми **WXtrack** (див. рис. 2.21), де відображається:

- хрестом точка розташування станції прийому;

 положення вибраного супутника на ефемериді (жирною крапкою синього кольору з назвою супутника);

- зона зйомки супутника (штриховою лінією синього кольору);

– зона радіовидимості супутника (суцільною лінією синього кольору навколо позначки супутника).

Коли точка розташування станції прийому (хрест) попадає у межі суцільної лінії синього кольору, навколо позначки супутника починається сеанс прийому інформації.

4. Після контролю входу супутника у зону радіовидимості станції прийому за допомогою інтерфейсу програми **WXtrack** оператор звертає увагу на передню панель генератора RIG-65. Якщо сигнал з супутника починає надходити на станцію прийому, то індикатор **Sync** змінює червоний колір на зелений, що свідчить про появу синхронізації з супутником, а індикатор **Err** не горить, що вказує на відсутність помилки приймання інформації. Індикатор помаранчевого кольору **Alrm** також не горить, що сигналізує про те, що пристрій знаходиться у робочому режимі, а не у режимі очікування.

5. Крім того, на передній панелі приймача НRPT 137 оператор за допомогою індикатора **Signal** (ділення від 0 до 6) контролює рівень сигналу, а за допомогою індикатора Tune (ділення від 3 до 0 і від 0 до 3) – якість узгодження. Знаходження стрілки індикатора **Signal** у широкій зеленій зоні на цифрах від 4 до 6 свідчить про великий рівень сигналу і зображення, що записується, буде якісним. Крім того, для стійкого прийому сигналу необхідно забезпечити добру якість узгодження. Якщо супутник рухається з півдня на північ, тобто знизу вверх на інтерфейсі програми **WXtrack**, то якість узгодження контролюється з півночі на південь, тобто зверху униз на інтерфейсі програми **WXtrack**, то якість узгодження контролюється ліворуч на індикаторі **Tune** у зеленій зоні.

6. Якщо рівень сигналу малий, оператор на передній панелі приймача HRPT 137 за допомогою ручки **FINE TUNE** точно настроює узгодження приймача. Крім того, оператор може здійснити підстроювання повороту антени за допомогою пульта дистанційного керування поворотним пристроєм. Виконуючи ці операції оператор повинен контролювати на передній панелі приймача HRPT 137 рівень сигналу на індикаторі **Signal**, якість узгодження на індикаторі Tune, а також колір індикаторів **Sync** та **Err** на передній панелі генератора RIG-65.

7. Якщо рівень сигналу буде великим (стрілка індикатора Signal у широкій зеленій зоні на цифрах від 4 до 6), оператор звертається до інтерфейсу програми WSat (див. рис. 2.22). У верхньому вікні Record HRPT оператор вибирає на панелі Sat type формат сигналу, що буде записуватися, HRPT або CHRPT. Для супутників NOAA необхідно вибрати (позначити) формат HRPT. Далі оператор на панелі Channel selection вибирає, які спектральні канали будуть записуватися від 1 до 5. Якщо необхідно записувати всі п'ять каналів, оператор натискає кнопку All.

8. Якщо необхідно записувати інформацію за весь час перебування супутника у зоні радіовидимості станції прийому, то оператор натискає кнопку **Start** у вікні **Record HRPT**, після цього вона змінює колір на червоний і з'являється напис **Stop**. Запис інформації починається.

9. Під час запису інформації оператор контролює на передній панелі приймача HRPT 137 рівень сигналу на індикаторі Signal, якість узгодження на індикаторі Tune, а також колір індикаторів Sync та Err на передній панелі генератора RIG-65. Якщо рівень сигналу буде малим або узгодження не якісним, то можливе спотворення зображення (поперечні смуги без зображення). Відсутність синхронізації або наявність помилки приймання інформації також призводить до спотворень зображення, що приймається.

10. Вихід супутника з зони радіовидимості станції прийому оператор контролює на фоні карти інтерфейсу програми **WXtrack** (див. рис. 2.21), коли точка розташування станції прийому (хрест) виходить за межі суцільної лінії синього кольору навколо позначки супутника.

11. Для зупинки запису інформації оператор натискає кнопку **Stop** червоного кольору у вікні **Record** HRPT. Запис інформації завершено. Файл з записаним зображенням має назву HRPT01.dat і знаходиться на Робочому столі програми Windows. Розмір файла може змінюватися у залежності від часу запису. Середній розмір дорівнює 40 Мбайт. Якщо за добу проводиться декілька сеансів прийому інформації, доцільно створити окрему папку з позначкою року, місяця і доби, наприклад 08.05.2012, і у цю папку переносити всі файли. Файли можна перейменувати з зазначенням часу і назви супутника, наприклад 09.35.NOAA-16.

12. Після запису інформації оператор на передній панелі приймача HRPT 137 за допомогою індикатора **Signal** контролює рівень сигналу (стрілка знаходиться у вузькій зеленій зоні біля ділення 0), а на індикаторі Tune стрілка знаходиться між зеленою і червоною зонами на діленні 0. Індикатор Sync горить червоним світлом, що свідчить про відсутність синхронізації з супутником, індикатор Егг також горить червоним світлом, що вказує на наявність помилки приймання інформації. Крім того, горить помаранчевим світлом індикатор **Alrm**, що сигналізує про те, що пристрій знаходиться у режимі очікування.

13. Якщо необхідно записувати інформацію не весь час перебування супутника у зоні радіовидимості станції прийому, то оператор натискає кнопку **Start** у вікні **Record** HRPT тільки тоді, коли зона зйомки буде на початку необхідного району. А закінчує запис інформації, коли зона зйомки буде на краю необхідного району. Для цього оператор натискає кнопку **Stop** червоного кольору у вікні **Record** HRPT. Прохід супутника над необхідною зоною зйомки оператор контролює на фоні карти інтерфейсу програми **WX-track** (див. рис. 2.21), коли зона зйомки супутника (штрихова лінія синього кольору) буде на початку, а потім на краю необхідного району, наприклад біля границь України з півдня на північ.

2.5.3. Технологія обробки

Попередній аналіз отриманих знімків на станції прийому знімків NOAA оператор може проводити за допомогою двох спеціалізованих програм **WSat** і **HRPT Reader**. На першому етапі аналізу отриманих знімків – оцінки якості записаного зображення, доцільно використовувати програму **WSat**, за допомогою якої і було записано зображення. На другому етапі аналізу отриманих знімків – вирішення тематичних завдань, більші можливості надає програма **HRPT Reader**.

1. Після завершення запису знімка на станції прийому знімків NOAA оператор проводить оцінку якості записаного зображення, не виходячи з програми **WSat**. За допомогою вкладки **File** він, вибравши вкладку **Open**, відкриває вікно, в якому, вибравши назву файла, завантажує записане зображення у блок відображення, як це показано на рис. 2.94.

Як видно з рис. 2.94, на зображенні існують спотворення зображення (поперечні смуги без зображення) у верхній і нижній частинах знімка. Таке спотворення зображення пов'язане з нестійкою синхронізацією супутника і станції прийому під час входу і виходу у(з) зону(и) радовидимості. Тобто оператор робить висновок, що найбільш інформативною є середня частина записаного знімка.



Рисунок 2.94 – Вигляд інтерфейсу програми WSat з завантаженим зображенням

2. За допомогою вкладки **Channel** оператор також проводить оцінку якості записаного зображення у п'яти каналах прийому інформації. Для цього він виводить знімки цих каналів у блок відображення програми **WSat**, як це наведено на рис. 2.95.

Як видно з рис. 2.95, для різних каналів зображення відрізняються, але на них також існують спотворення (поперечні смуги) у верхній і нижній частинах знімка. Тобто це ще раз підтверджує, що спотворення зображень пов'язане з нестійкою синхронізацією супутника і станції прийому під час входу і виходу у(з) зону(и) радіовидимості станції прийому. Можливість перегляду зображень у різних каналах дозволяє оператору вибрати найбільш інформативний знімок для проведення подальшого аналізу.

3. За допомогою вкладки View оператор вибирає параметри показу зображення, яке виводиться у блоці відображення програми WSat. Більш докладно можливості вибору параметрів показу зображення описані вище (п. 2.2.2).

Вибравши вкладку Temperature, оператор може переглянути у вікні **Ріх**еl другої строчки блока управління програми **WSat** значення температури у точці, на яку наведено курсор миші.



Рисунок 2.95 – Знімки при виборі різних каналів прийому

Під час попереднього аналізу оператор також може покращити якість зображення, вибравши вкладку Linearize. При цьому покращується

контраст зображення. Крім того, вибір вкладки **Despeckle** дозволяє видалити плями на зображенні. Якщо оператору необхідно підкреслити або виділити деякі особливості зображення, то він входить до вкладки Lum... і вибирає діапазон яскравості на гістограмі яскравості, який буде виводитися у блоці відображення. Більш докладно можливості з покращення якості зображення описано вище (п. 2.2.2).

У вікні вкладки **Channel_map**... оператор може здійснити автоматичне (натиснувши на кнопку **Auto color**) або ручне (за допомогою індивідуального вибору коефіцієнтів у п'яти каналах) кольорове кодування вихідного зображення, що завантажене у блоці відображення. Кольорове кодування дозволяє оператору виділити особливості зображення. Більш докладно можливості щодо кольорового кодування зображення описано вище (п. 2.2.2).

4. Для аналізу дрібних елементів зображення оператор вибирає вкладку **Zoom** і здійснює рівномірне по осям X і Y збільшення масштабу знімка (вкладка **In** (i)). Крім того, у оператора є можливість здійснювати нерівномірне масштабування по координатах X і Y, у тому числі з вибором індивідуальних коефіцієнтів масштабування зображення по осі X і по осі Y. Більш докладно можливості щодо масштабування зображення описано вище (п. 2.2.2).

5. Після оцінки якості записаного зображення та його попереднього аналізу за допомогою програми **WSat** оператор продовжує аналіз отриманих знімків за допомогою програми **HRPT Reader**. Послідовно вибравши вкладки **File** та **Open**, оператор завантажує записане зображення у блок відображення.

6. Попередній аналіз інформативності записаного зображення оператор проводить, вибравши вкладку All зверху блока відображення. На екрані монітора з'являється зображення, на якому у вигляді п'яти смуг показується вигляд п'яти спектральних каналів, що записані у файлі на станції прийому. За допомогою вкладок Ch1 – Ch5 оператор також переглядає повні знімки п'яти спектральних каналів, тобто видимого діапазону – перший і другий канали (Ch1, Ch2), а також ближнього, середнього і дальнього інфрачервоного діапазонів – третій, четвертий і п'ятий канали (Ch3, Ch4, Ch5) відповідно.

7. Для вибору масштабу зображення оператор на панелі **Zoom** у блоці управління показу зображення вибирає одну з трьох позначок: **Full**, 1:1 або 2:1. Вибравши позначку **Full**, оператор має можливість переглянути всю ширину знімка, а для перегляду знімка по довжині необхідно використовувати скрол-бар. Для збільшення розміру зображення по ширині і довжині приблизно у два з половиною рази оператор вибирає позначку 1:1,

а для збільшення розміру зображення ще у два рази – вибирає позначку 2:1.

8. Виявити деякі особливості на зображенні оператор може з використанням зображення з синтезованими кольорами, яке відкривається при виборі вкладки False colour. Для покращення якості зображення і передачі кольорів на зображенні оператор вибирає на панелі Bright ch. один з п'яти каналів яскравості, позначивши цифру 1 - 5 або сумарний канал яскравості (VI). Крім того, на панелі Bright adjust можна розтягнути діапазон яскравості, позначивши Odhy з трьох позначок: Hist eq., Hist eq. illum aбo Hist eq. full. Підкреслення контурів зображення оператор може здійснити на панелі Crispen, позначивши Crispen або More. Покращення передачі кольорів на зображенні оператор здійснює на панелі Colour ch. Більш докладно можливості вибору параметрів показу кольорів описано вище (п. 2.3.1).

9. Для ручного розфарбовування зображення оператор використовує або вкладку **RGB** або вкладку **User**.

За допомогою вкладки **RGB** оператор для вибору кольорів застосовує три панелі у блоці вибору параметрів відображення червоного, зеленого і синього кольору. На них вибираються номери спектральних каналів, з яких виводяться кольори. За умовчанням вибрані наступні канали: для червоного кольору – перший спектральний канал [Ch 1], для зеленого – другий спектральний канал [Ch 2], для синього – четвертий спектральний канал [Ch 4].

За допомогою вкладки User оператор для вибору ступеня насиченості кольорів застосовує три панелі у блоці вибору параметрів відображення червоного, зеленого і синього кольору. Оператор самостійно вибирає п'ять градацій насиченості кожного з трьох кольорів.

У вкладках RGB і User оператор також може, позначивши Stretch, розтягнути діапазони кольорів, що виводяться на зображенні. При знятті позначки Stretch у цих вкладках оператор активізує кнопку Adjust.

Натиснувши кнопку **Adjust**, оператор відкриває вікно, у якому можна переглянути гістограму яскравості одного з вибраних на панелі **Colour** кольорів, поставивши позначку, відповідно, ліворуч або літери R, або літери G, або літери B. Оператор також може задавати, яка частина гістограми виключається з розфарбовування вибраним кольором і проводити гаммакорекцію окремо для кожного кольору та одночасно і однаково для всіх трьох кольорів. Більш докладно можливості корегування кольорів описано вище (п. 2.3.1).

10. Виявити деякі особливості на зображенні оператор може при його обробці одним з тринадцяти реалізованих у програмі алгоритмів (Snow (3a),

BD, CC, EC, HE, HF, JF, JJ, MB, MD, WV (-10..-60), WV (-5..-90), ZA). Для цього оператор вибирає вкладку NOAA і на панелі **Algorithm** у блоці вибору параметрів відображення ставить позначку ліворуч від назви алгоритму. Більш докладно можливості покращення зображення описано вище (п. 2.3.2).

11. Для створення карти температур земної та водної поверхонь оператор використовує або вкладку **Temperature**, або вкладку **SST**.

За допомогою вкладки Temperature оператор для вибору кольорів, якими відображається температура, застосовує шкалу температури підстилаючої поверхні. Діапазон температур, який задається для показу за умовчанням, лежить у межах від -50 °C до +30 °C, нижчим температурам відповідають темніші сині кольори, середнім температурам – зелені кольори, а більшим – жовті і червоні кольори. Крім того, у блоці управління показу зображення виводиться температура (у градусах за Цельсієм або за Фаренгейтом) у точці, на яку наведений курсор миші, а також координати (широта і довгота) цієї точки і час у форматі UTC, коли ця інформація була записана. Також позначивши **User range**, оператор може самостійно вибирати межі діапазону температур, які виводяться на зображенні.

За допомогою вкладки SST оператор для вибору кольорів, якими відображається температура, застосовує шкалу температури водної поверхні. Діапазон температур, який задається для показу за умовчанням, лежить у межах від -2 °C до +37 °C. За межами цього діапазону температур вони відображаються світло-сірим кольором для менших температур і темносірим кольором для більших температур. Крім того, на панелі Range оператор може автоматично вибирати діапазони температур: позначивши Full, на зображенні показується весь діапазон температур; Cool – температури від -2 °C до +15 °C; Warm – температури від +5 °C до +20 °C; Hot – температури від +15 °C до +30 °C. Також у вікні **Reject** оператор може задати нижній поріг температури, який буде відображатися на зображенні. Більш докладно можливості побудови карт температур описано вище (п. 2.3.1).

12. Для перегляду індексу вегетації (NDVI) оператор вибирає вкладку **Vegetation** і у вікні, що відкривається, аналізує у градаціях сірого індекс вегетації. Темніші частини зображення показують більший вегетаційний індекс, а світлі – менший. Більш докладно можливості побудови індексу вегетації описано вище (п. 2.3.1).

13. Для підготовки показу оброблених зображень оператор може розміщувати зверху на зображення кордони держав і берегову лінію. Для цього оператор вибирає вкладку **Overlay** options і у вікні, що відкривається, він задає, які дані будуть показуватися на зображенні: кордони держав з файла **Countries.dat** або границі берегової лінії з файла **gshhs_i.b** – позначивши

Country and state boundaries. Колір кордонів держав і границь берегових ліній оператор може задати, натиснувши на кнопку **Colour**..., яка відкриває палітру кольорів.

Таким чином, розроблена технологія дозволяє ефективно організувати роботу оператора під час підготовки до приймання і безпосереднього приймання знімків, а також при попередньому аналізі отриманих знімків.

3. МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ СУПУТНИКІВ NOAA

3.1. Задачі, які вирішуються з використанням знімків низького просторового розрізнення

Використання багатоспектральних моніторингу систем лля навколишнього середовища обумовлене необхідністю отримання додаткової інформації про об'єкти, що досліджуються, але багатоспектральні датчики мають меншу пропускну здатність (світлосилу) і великий миттєвий кут огляду, у порівнянні з панхроматичними, що зменшує їх роздільну здатність. Тому багатоспектральні системи оснащені набором спектральних каналів з поєднаним панхроматичним каналом більш високого просторового розрізнення, дозволяє, використовуючи відповідні алгоритми, шо об'єднувати ці дані та отримувати композитний знімок вищої роздільної здатності.

Дані з метеорологічних супутників дозволяють виконувати глобальний моніторинг погодної обстановки. Дані полярно-орбітальних супутників NOAA використовуються для довгострокових прогнозів погоди, моніторингу атмосфери і погодних явищ, а також для забезпечення безпеки польотів (у тому числі для виявлення хмар вулканічного попелу) і безпеки водного транспорту (моніторинг і прогнозування льодової обстановки).

Космічні знімки з супутників NOAA (датчик AVHRR) заходять широке використання у різноманітних сферах, таких, як екологія, метеорологія, сільське та лісове господарства, а також в океанології і гідрології [1].

У сфері **екології** використання космічних знімків з супутників NOAA спрямовано на:

 виявлення великих промислових викидів та моніторинг їх подальшого поширення;

- виявлення великих скидів у водойми забруднюючих речовин;

- виявлення та оцінку масштабів катастрофічних повеней;

 моніторинг великих регіонів з метою виявлення небезпечних джерел забруднення;

– моніторинг пилових бур.

У сфері метеорології космічні знімки можуть використовуватися для рішення наступних задач:

– відновлення вертикального профілю температури і вологості атмосферного повітря;

- оперативний прогноз ділянок сильного циклогенезу;

- візуальне відображення стану погоди і складання синоптичних карт;

- оцінка стану і контроль динаміки сніжного покрову.

У сільському і лісовому господарстві космічні знімки з супутників NOAA можуть використовуватися для контролю виникнення та розповсюдження лісових і степових пожеж.

У сфері **океанології і гідрології** космічні знімки можуть використовуватися з метою:

- оцінки льодової обстановки;

– оперативного відстеження зон затоплень у період весняного водопілля та паводку;

- відстеження процесів антропогенних забруднень морських акваторій;

- моніторингу "цвітіння" води на поверхні морів.

3.2. Оцінка температури поверхні Землі

Супутниковий моніторинг температури поверхні Землі з космосу почався з запуском на орбіту метеорологічних супутників і відбувається вже декілька десятиліть. Визначення температури підстилаючої поверхні за супутниковими даними використовується для вирішення завдань чисельного аналізу і прогнозу погоди, гідрології та агрометеорології, дослідження клімату і його глобальних змін [2]. Існуючі вікна прозорості атмосфери у діапазонах 3,7 мкм; 10,5–12,5 мкм дозволяють використовувати супутникові вимірювання інфрачервоного (ІЧ) випромінювання для визначення температури підстилаючої поверхні.

Під температурою земної поверхні розуміється радіаційна температура поверхні (характеризує випромінювання поверхневого шару товщиною ~ 30 мкм), усереднена по індивідуальному полю зору приладу (пікселу) і спектральному діапазону радіометричних вимірювань [3]. Кількість енергії випромінювання залежить від температури випромінюючого тіла. Кожне тіло здатне не тільки випромінювати, але і відбивати, поглинати і пропускати через себе падаючі на нього теплові промені від іншого тіла.

Розглянемо променистий теплообмін у системі Сонце – Земля [1]. Енергія (сонячна радіація), обумовлена температурою Сонця, проходячи атмосферу Землі, частково поглинається водяними парами, що містяться в ній, та атмосферними газами, а частково ними і зваженими у повітрі колоїдними частинками розсіюється. В результаті вказаних процесів так звана пряма сонячна радіація (Qп.p), що дійшла до Землі, як кількісно, так і якісно відрізняється від сонячної радіації на верхній межі атмосфери. Кількість сонячної енергії, що поступає на поверхню Землі, залежить від географічної широти і змінюється у зв'язку зі зміною астрономічних і метеорологічних умов. Та частина сонячної радіації, яка розсіюється в атмосфері, також частково досягає поверхні Землі у вигляді так званої розсіяної радіації (qp.p). По відношенню до прямої радіації вона може складати у хмарну погоду до 60 % і більше. Суму прямої і розсіяної радіації прийнято називати сумарною сонячною радіацією. Розрізняють сумарну радіацію при безхмарному небі (I0) і за наявності хмар (I1).

Кількість сумарної сонячної радіації при безхмарному небі I0 = (Qп.p + qp.p)0 знаходять по таблицях, або вона може бути обчислена по формулах, наприклад по формулі М.Е. Берлянда [2].

За наявності хмар сумарна сонячна радіація визначається по формулі

 $I1 = I0 [1 - (a1 - b1n0) n0], \qquad (3.1)$

де n0 – загальна хмарність у долях одиниці;

b1 = 0,38;

а1 – коефіцієнт, залежний від широти, визначається по таблиці.

Досягнувши земної поверхні, сонячна радіація частково поглинається нею, підвищуючи температуру цієї поверхні, а частково відбивається в атмосферу. Відбиття променистої енергії поверхнею тіла може бути дзеркальним, дифузним і загальним. При дзеркальному (направленому) відбитті кут падіння на відбиваючу поверхню рівний куту відбиття. Цей вид відбиття властивий поверхням, нерівності яких малі у порівнянні з довжиною хвилі падаючої радіації.

Для характеристики відбивної здатності поверхні ґрунту, води, снігу, льоду та ін. при дзеркальному відбитті променистої енергії у гідрометеорології використовують коефіцієнт відбиття г, а при дифузному – коефіцієнт А, який має назву альбедо.

Альбедо – це відношення інтенсивності радіації, відбитої даною поверхнею, до інтенсивності радіації (прямої і розсіяної), падаючої на неї, у відсотках або у долях одиниці. Іншими словами, альбедо – це частка сонячної радіації, яка відбита об'єктом [1].

У даний час розраховані таблиці значень альбедо для різних поверхонь залежно від географічної широти її місцерозташування і висоти стояння Сонця. Якщо альбедо поверхні відоме, то можна розрахувати сумарну радіацію, яка проникає у середовище

I = (1 - A) I0 [1 - (a1 - b1n0) n0].(3.2)

Альбедо залежить також і від характеристики поверхні. Альбедо снігу, який щойно випав, може досягати 0,81, альбедо хмар залежно від типу і

вертикальної потужності коливається від 0,17 до 0,81. Альбедо темного сухого піску – близько 0,18, а зеленого лісу – від 0,03 до 0,10. Альбедо великих акваторій залежить від висоти Сонця над горизонтом: чим воно вище, тим менше альбедо.

Альбедо Землі разом з атмосферою змінюється залежно від хмарності і площі сніжного покрову. З всієї сонячної радіації, що надходить на земну поверхню, близько 0,34 відбивається у космічний простір і втрачається для системи Земля – атмосфера.

Промениста енергія Сонця, яка проникає у земну поверхню, підвищує її температуру. Земна поверхня, у свою чергу, випромінює теплоту. Різниця між власним випромінюванням земної поверхні і випромінюванням, що поглинається атмосферою, називають ефективним випромінюванням земної поверхні – Іеф. Ефективне випромінювання залежить від температури випромінюючої поверхні і повітря, а також від вологості і стратифікації у приземному шарі атмосфери.

Різницю між поглиненою сумарною радіацією та ефективним випромінюванням земної поверхні називають радіаційним балансом земної поверхні і записують у наступному вигляді

 $QR = I - Ie\phi$ ato $QR = (1 - A) (Q\pi . p + qp. p) - Ie\phi$, (3.3)

де (Qп.р + qp.p) і Іеф – сумарна сонячна радіація та ефективне випромінювання при хмарності відповідно.

Температура може вимірюватися у градусах по шкалах Фаренгейта (F), Цельсія (C) або Кельвіна (K). Мінімальна можлива температура, 0 за шкалою Кельвіна, називається "Абсолютним нулем". Різні температурні шкали зв'язані між собою співвідношеннями [8]: F = 9/5 C + 32; C = 5/9 (F – 32); K = C + 273.16, де F, C і K, відповідно, позначають температуру у градусах по шкалах Фаренгейта, Цельсія і Кельвіна.

В спеціалізованій програмі **HRPT Reader** передбачена можливість позначення температури або у градусах по шкалі Фаренгейта, або у градусах по шкалі Цельсія, як це показано на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Позначення температури: у градусах по шкалі Фаренгейта (а), градусах по шкалі Цельсія (б)

3.2.1. Супутниковий моніторинг температури земної поверхні

Інфрачервоні супутникові знімки є візуалізованою формою відображення просторового розподілу теплових контрастів випромінюючих об'єктів. В процесі їх формування перетворення інфрачервоного сигналу проводиться так, щоб об'єктам з низькими значеннями радіаційної температури відповідали світліші ділянки знімків, а об'єктам з високими значеннями температури – темніші ділянки. Космічні інфрачервоні зображення (рис. 3.2) мають, як правило, меншу роздільну здатність у порівнянні з знімками видимого діапазону (рис. 3.3), але вони можуть бути отримані як у світлий, так і у темний час доби.

Підстилаюча поверхня Землі та атмосфера є джерелами теплового випромінювання. З середніх багаторічних кліматичних даних відомо, що у помірних широтах температура на верхній межі хмар значно нижча, ніж температура підстилаючої поверхні, тому випромінювання від хмар, як правило, значно менше випромінювання підстилаючої поверхні.



Рисунок 3.2 – Знімок з супутника NOAA в інфрачервоному діапазоні (4 канал), 18.10.2012



Рисунок 3.3 – Знімок з супутника NOAA у видимому діапазоні (2 канал), 18.10.2012

Як зазначалося вище, метеорологічні супутники NOAA оснащені спеціальними приладами AVHRR, які виконують зйомку в інфрачервоних променях, що випускаються у космічний простір хмарами і земною поверхнею. Зазначені прилади дозволяють по різниці цих величин відрізняти хмари від підстилаючої поверхні. Інтенсивність радіації, що потрапляє на супутник, заміряється у певному напрямі і з певної ділянки земної поверхні та атмосфери. На виході радіометра випромінюванню кожного елементу розкладання відповідає сигнал певної величини, амплітуда якого пропорційна енергії випромінювання у спектральній смузі роботи радіометра. Знімки в ІЧ діапазоні спектра виходять завдяки наявності енергетичних контрастів між підстилаючою поверхнею і хмарами, тому їх називають тепловими.

Як правило на "теплових" знімках об'єкти, що мають високу температуру і, отже, випромінюючі велику кількість теплової енергії, зображуються у вигляді яскравіших областей, ніж об'єкти з нижчою температурою. Але для того, щоб хмарність на знімках в ІЧ діапазоні спектра не відрізнялася від ії зображення на знімках у видимому діапазоні спектра, і мала світлий тон зображення, на практиці використовують негативні знімки, на яких холодні об'єкти виглядають світлими, а теплі – темними.

На рис. 3.4 показаний знімок Чорного моря і території України в ІЧ діапазоні з хмарою над нею, який був отриманий на станції прийому знімків з супутника NOAA 16 (5 канал) 18 жовтня 2012 року о 09 год. 56 хв.



Рисунок 3.4 – Знімок з супутника NOAA в інфрачервоному діапазоні (5 канал), 18.10.2012

Кожен зафіксований об'єкт на ІЧ знімках відрізняється своєрідною тональністю, яка залежить від кількості випромінюваної цим об'єктом теплової енергії. У зв'язку з цим хмарні утворення, верхня межа яких холодніше відкритих ділянок суші і водної поверхні, мають на знімках світлий тон зображення. На рис. 3.4 видно, що світліші ділянки відповідають хмарам, що мають найбільш низьку температуру верхньої межі. Менш світлі ділянки відповідають хмарам з вищою температурою верхньої межі або тонким хмарам верхнього і середнього ярусу і хмарним масивам з просвітами, випромінювання від яких змішуються з випромінюванням від земної поверхні. У випадку наявності могутніх приземних інверсій, що виникають вночі внаслідок сильного вихолодження у холодну пору року, верхня межа шаруватої хмарності має температуру вище, ніж підстилаюча поверхня. У таких умовах хмари виглядатимуть темніше, ніж підстилаюча поверхня ("чорні" шаруваті хмари).

Температура підстилаючої поверхні визначається співвідношенням приходу і витрати тепла [7]. Якщо прихід тепла більше витрати, то температура підстилаючої поверхні підвищується, якщо прихід менше витрати, то температура знижується.

Якщо подивитися на карту, то можна відзначити, що в одних місцях підстилаюча поверхня складається з степів, лугів і ріллі, в інших – з лісу і болота, у третіх – представляє пустелю (рослинність відсутня). Таким чином, підстилаюча поверхня не є однорідною. Неоднорідність підстилаючої поверхні призводить до того, що умови нагрівання земної поверхні будуть різними для різних типів поверхні.

На рис. 3.5 показаний синтезований знімок з супутника NOAA 16 (1, 2, 4 канали) країн Азово-Чорноморського басейну і частини Сирії, який був отриманий на станції прийому знімків 22 серпня 2012 року о 09 год. 40 хв.

Як відомо, країни Азово-Чорноморського басейну мають в основному високу ступінь покриття рослинністю, особливо це проявляється на узбережжі. Південь України, особливо Крим, являє собою у більшості степову зону, а територія Сирії у більшості – пустеля. Вказані вище міркування підтверджуються, якщо побудувати карту розподілу вегетаційного індексу (NDVI). Карта індексів NDVI для території, що зображена на рис. 3.5, показана на рис. 3.6. Ступінь червоного кольору характеризує рівень індексу NDVI (більш насичений колір відповідає більшому індексу NDVI). Як видно на рис. 3.6, найбільший індекс NDVI визначений на узбережжі Чорного моря, а також на заході України, Румунії, Болгарії та країнах Кавказу. Крім того, індекс NDVI збільшується уздовж річок. У той же час найменші значення індексу NDVI зафіксовані на території Сирії, що є закономірним для пустелі.

Найпростіші умови нагрівання земної поверхні формуються для поверхні, яка не покрита рослинністю. Рослинний покров затіняє земну поверхню, внаслідок чого зменшується надходження тепла до ґрунту. Також частина променистої енергії Сонця витрачається на випаровування води, яка знаходиться у рослинному покрові.



Рисунок 3.5 – Синтезований знімок з супутника NOAA (1, 2, 4 канали), 22.08.2012, 09 год. 40 хв.



Рисунок 3.6 – Карта розподілу індексу NDVI території, що зображена на рис. 3.5

На рис. 3.7 наведено карту розподілу температур земної поверхні на території, що зображена на рис. 3.5. Якщо порівняти карту температур (див.

рис. 3.7) і карту індексів NDVI (див. рис. 3.6), то можна виявити кореляцію між зменшенням індексу NDVI і підвищенням температури земної поверхні. Так, найбільша температура спостерігається у пустелі (територія Сирії, у нижньому правому куті рисунка). Там температура земної поверхні досягає +40 ... +45 °C. При цьому, як зазначалося вище, індекс NDVI на території Сирії є мінімальним.



Рисунок 3.7 – Карта розподілу температур території, що зображена на рис. 3.5

У той же час індекс NDVI у Кримських горах є одним з найвищих (див. рис. 3.6), а на карті температур у цьому районі спостерігається менша температура (зелений колір на рис. 3.7) у порівнянні з кримськими степами (червоний колір на рис. 3.7). При цьому температура земної поверхні у Кримських горах коливається у межах +15 … +20 °C, а на іншій території Криму – +25 … +30 °C.

Також необхідно зазначити, що вдень поверхні, покриті рослинністю, нагріваються менше. У нічний час рослинний покрив оберігає грунт від випромінювання і зберігає більше тепла, ніж поверхня без рослинності.

Як правило максимум температури буває близько 13.00 - 14.00 годин, а мінімум – перед сходом Сонця. При сході Сонця промені падають на земну поверхню під дуже гострими кутами і майже її не нагрівають, а Земля продовжує випромінювати тепло у світовий простір. З підніманням Сонця над горизонтом кут падіння променів збільшується і прихід сонячного тепла стає більше витрати тепла, що випромінюється Землею. З цього часу температура поверхні Землі починає підвищуватися. І чим вище піднімається Сонце, тим крутіше падають промені і вище піднімається температура земної поверхні. Вночі поверхня Землі весь час випромінює тепло і поступово охолоджується. Різниця між найбільшою і найменшою температурами, які бувають на протязі доби, називають амплітудою добових коливань. Приклад добових коливань температур у весняно-осінній період показаний на рис. 3.8 [7].



Рисунок 3.8 – Добові коливання температур [7]

Як видно з рис. 3.8, у денні години земна поверхня сильно нагрівається, а за ніч сильно охолоджується.

На рис. 3.9 наведена карта температур земної поверхні території України, яка була побудована по знімку з супутника NOAA 16, що отриманий 05 липня 2012 року о 09 год. 14 хв.



Рисунок 3.9 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 05.07.2012, 09 год. 14 хв. На рис. 3.10 показана карта температур земної поверхні, яка була побудована по знімку з супутника NOAA 19, що був отриманий того ж дня о 13 год. 36 хв. Тобто на рисунках показані карти розподілу ранкових і денних температур земної поверхні на території України 05 липня 2012 року. Як зазначалося вище, насиченість червоного кольору характеризує вищі температури.



Рисунок 3.10 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 05.07.2012, 13 год. 36 хв.

Як видно на рис. 3.9, ранкові температури земної поверхні на території України 05 липня 2012 року коливалися у межах +20 ... +25 °C, а денні (див. рис. 3.10) – +30 ... +40 °C.

Таким чином, аналіз карт ранкових і денних температур земної поверхні на території України показує, що у денні години земна поверхня сильно нагрівається.

Порушувати добовий хід температури може хмарність, викликаючи зсув максимуму і мінімуму. На рис. 3.11 наведена карта температур земної поверхні на території України, яка була побудована по знімку з супутника NOAA 16, що отриманий 21 серпня 2012 року о 09 год. 52 хв., тобто у ранковий час.

На переважній більшості території хмарність була відсутня і максимальна температура земної поверхні спостерігалася у Криму, близько +30 °C, а мінімальна – у центральній частині України, близько +20 °C. Як видно на рис. 3.11, близько десятої години ранку земна поверхня вже достатньо сильно нагріта.

На рис. 3.12 наведена карта температур земної поверхні на території України, яка була побудована по знімку з супутника NOAA 19, що отриманий того ж дня о 13 год. 40 хв., тобто у денний час.



Рисунок 3.11 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 21.08.2012, 09 год. 52 хв.



Рисунок 3.12 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 21.08.2012, 13 год. 40 хв.

Як зазначалося вище, температура земної поверхні у денний час сильно збільшується, що і проілюстровано на рис. 3.12. У цей час у Криму максимальна температура земної поверхні була близько +40 °C. Але на рис. 3.12 також видно, що на деяких ділянках температура земної поверхні у денний час збільшилася не значно. Такий розподіл температур обумовлений невеликою хмарністю, що була у той час над територією України.

Синтезований знімок з супутника NOAA 19 (1, 2, 4 канали, 21.08.2012, 13 год. 40 хв.), на якому відображається невелика хмарність, наведено на рис. 3.13.



Рисунок 3.13 – Синтезований знімок з супутника NOAA (1, 2, 4 канали), 21.08.2012, 13 год. 40 хв.

У літній час амплітуда температур земної поверхні значно більше, чим у зимовий. У річному ході температури на поверхні ґрунту максимум, як правило, спостерігається у липні, а мінімум – у січні. Величини екстремальних значень та амплітуди температур залежать від широти місця, пори року, хмарності, теплових властивостей поверхні, її кольору, шорсткості, характеру рослинного покрову, орієнтування схилів (експозиції) [8].

Річну зміну температур підстилаючої поверхні також можна досліджувати за допомого знімків з супутників NOAA. На рис. 3.14 – 3.22 наведені карти розподілу температур земної поверхні на території України у різні місяці 2012 року. Карти були побудовані по знімках з супутників NOAA (NOAA 16, ранок до 10.00 годин), які приймалися станцією прийому знімків, що розташована в Національному аерокосмічному університеті "XAI", за допомогою спеціалізованої програми **HRPT Reader.**

Як видно на рис. 3.14, ранкові температури земної поверхні наприкінці квітня 2012 року на півдні України були у межах +20 ... +25 °C, а на інший території України – +12 ... +17 °C.

На рис. 3.15 проілюстровано, що ранкові температури земної поверхні у травні 2012 року були більші у східній та південній частинах України (у межах +25 ... +32 °C), найменші температури фіксувалися на півночі та заході України (у межах +15 ... +20 °C). Також необхідно зазначити, що по берегах річок спостерігалися нижчі температури, приблизно на 2 - 4 °C.



Рисунок 3.14 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 23.04.2012



Рисунок 3.15 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 11.05.2012

На рис. 3.16 видно, що збільшення ранкових температур земної поверхні у червні 2012 року відбулося на всій території України. Найбільші температури були зафіксовані у південній частині України (у межах +32 ... +39 °C), на сході температура також збільшилася до позначок +30 ... +36 °C. Крім того, у червні температура земної поверхні у центральній частині України зазнала значного підвищення до +30 ... +36 °C. На заході і півночі температура земної поверхні у межах +25 ... +30 °C.



Рисунок 3.16 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 22.06.2012

На початку липня 2012 року, як видно з рис. 3.17, характер розподілу температур земної поверхні території України практично не змінився у порівнянні з третьою декадою червня.



Рисунок 3.17 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 09.07.2012

Якщо проаналізувати річну зміну температур на території України у 2012 році, то максимальні температури земної поверхні фіксувалися наприкінці червня та у липні, близько +40 °C (див. рис. 3.16 і рис. 3.17).

Як видно на рис. 3.18, у другій половині серпня 2012 року ранкові температури земної поверхні знизилися практично на всій території України, зокрема Криму, де температура залишилася достатньо високою у межах +29

... +32 °C. У південній частині температури знизилася до позначок +25 ... +28 °C, а на сході, півночі і заході – до +18 ... +22 °C. У центральній частині України температура земної поверхні мала найбільший діапазон змін від +19 °C до +26 °C. Як зазначалося вище, по берегах річок також спостерігалися нижчі температури, приблизно на 2 - 4 °C.



Рисунок 3.18 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 22.08.2012

Ранкові температури земної поверхні території України на початку вересня 2012 року ще більше знизилися, що відображається на рис. 3.19. Температури земної поверхні знизилися на всій території України. На Кримському півострові була найбільша температура у межах +20...+25 °C, такі ж самі температури були на узбережжі Азовського моря та півдні. На решті території України температура земної поверхні коливалася від +15 °C до +17 °C.

У середині жовтня 2012 року, як видно з рис. 3.20, характер розподілу температур земної поверхні території України практично не змінився у порівнянні з першою декадою вересня. Не значно до +18 °C знизилася температура на узбережжях Чорного та Азовського морів, але підвищилася до +20 °C на сході України.



Рисунок 3.19 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 10.09.2012



Рисунок 3.20 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 17.10.2012

Подальше зменшення ранкових температур земної поверхні території України спостерігалося і у листопаді 2012 року (рис. 3.21). Температури земної поверхні знизилися на всій території України. Найбільша температура земної поверхні спостерігалася на Кримському півострові у межах +5...+8 °C, у Кримських горах температура була нижча на 3 – 5 °C, а на південному узбережжі Криму – вище на 1 – 3 °C. Також температура на узбережжі Азовського моря була на 1 – 3 °C вище, у порівнянні з іншою територією України. На решті території України температура земної поверхні коливалася від +1 °C до +4 °C. Також необхідно зазначити, що по берегах річок, на відміну від літніх місяців, спостерігалися вищі температури, приблизно на 1-2 °C.



Рисунок 3.21 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 08.11.2012

Розподіл ранкових температур земної поверхні території України значно змінився у середині грудня 2012 року, коли почалися морози. Карта розподілу температур земної поверхні 18 грудня 2012 року, яка побудована по зображенню, що було отримано о 08 год. 23 хв., показана на рис. 3.22.



Рисунок 3.22 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 18.12.2012

У грудні 2012 року температура земної поверхні знизилася на всій території України і мала негативні (мінусові) значення. На 18 грудня 2012 року над Кримським півостровом, узбережжям Азовського моря та частиною півдня України була хмарність і проаналізувати температуру земної поверхні у цих районах було не можливо. Найнижчі температури земної поверхні спостерігалися на сході та півночі України у межах -20 ... -27 °С (малиновий колір на карті, див. рис. 3.22). На решті території України температура земної поверхні коливалася від -12 °С до -20 °С (градації синього кольору на карті, від світло-блакитного до насиченого синього, див. рис. 3.22). По берегах річок також спостерігалися вищі температури, приблизно на 1 – 3 °С.

Таким чином, за допомогою побудованих карт розподілу температур є можливість аналізу температурної ситуації одночасно на всій досліджуваній території. Крім того, кольорове представлення температур дозволяє здійснювати сегментацію районів з різними температурними показниками.

Але необхідно зазначити, що визначені за допомогою космічних знімків температури земної поверхня не завжди відповідають реальним. Більшість досліджень останніх років присвячені розробці методів ефективного визначення температури земної поверхні за даними ІЧ знімків з полярноорбітальних ШСЗ, таких, як супутники серії NOAA (багатоканальні вимірювання радіометрів AVHRR), супутники EOS "Aqua", "Terra" (MODIS), а також супутники "ERS", "Envisat" (багатоканальні і багатокутові вимірювання радіометрів ATSR, AATSR).

підходи оцінки температури земної поверхні пов'язані Відомі отриманням кількісних значень спектральної випромінювальної 3 спроможності підстилаючої поверхні або її оцінка безпосередньо з багатоспектральних вимірювань. У роботах [4, 5] запропоновано ввести спеціальні нелінійні комбінації вимірювань у 3-му, 4-му і 5-му каналах радіометра AVHRR і використовувати їх для незалежної оцінки спектральної випромінювальної спроможності підстилаючої поверхні у цих каналах, а потім застосувати локальний алгоритм "Розщепленого вікна прозорості" для оцінки радіаційної температури. У роботі [6] пропонується будувати подібні індекси і визначати спектральну випромінювальну спроможність підстилаючої поверхні на основі суміщених вимірювань сканера AVHRR (канали 4-й і 5-й) та ІЧ приладу HIRS/2 (канал 8-й) з подальшою оцінкою радіаційної температури. Необхідно зазначити, що складність і недостатня стійкість цих алгоритмів ускладнюють їх оперативне застосування.

Крім вказаного вище, температура поверхні Землі має значну просторову (зокрема, у межах одного піксела зондуючої апаратури) і часову мінливість (добовий цикл, ефекти перегріву), що ускладнює валідацію результатів супутникового зондування [2]. Для валідації доводиться порівнювати результати точкових спостережень термодинамічної температури на поверхні Землі (контактний метод) з просторово-усередненими супутниковими оцінками радіаційної температури (безконтактний метод). Спостереження температури приповерхневого повітря (на рівні ~ 2 м) також мало придатні для валідації супутникових оцінок радіаційної температури, оскільки різниця радіаційної температури і температури приповерхневого повітря над сушею може бути значною.

Також необхідно зазначити, що використання даних з одного полярноорбітального ШСЗ забезпечує покриття однієї і тієї ж території тільки двічі на добу, у зв'язку з чим неможливий детальний моніторинг добового ходу радіаційної температури.

У багатьох випадках корекція яскравості початкового зображення припускає визначення деяких характеристик підстилаючої поверхні, таких, як альбедо або температура яскравості, з урахуванням результатів передпольотного калібрування приладів і перевірки їх чутливості на борту супутника.

На першому етапі обробки даних AVHRR здійснюється розрахунок температури яскравості та альбедо підстилаючої поверхні [9]. Як правило цей розрахунок проводиться відповідно до технічної документації на супутники NOAA [10]. Розрахунок температури яскравості здійснюється для 4-го і 5-го каналів приладу AVHRR.

Випромінювання, що приймається N, і показання радіометра AVHRR X пов'язані виразом [9]

$$N = J + GX. \tag{3.4}$$

Калібрувальні коефіцієнти G і J розраховується по формулах [9]

$$G = (Nsp - NT)/(Xsp - XT),$$
 (3.5)
 $J = Nsp - G Xsp,$ (3.6)

де Xsp і XT – сигнали радіометра, направленого, відповідно, у космос і на внутрішнє джерело тепла (ВДТ), яке за даними телеметрії записується у заголовок знімка;

Nsp – випромінювання з космосу, наведене для всіх п'яти каналів у додатку В [10];

NT – випромінювання ВДТ, яке розраховується за даними телеметрії про його температуру.

Випромінювання ВДТ розраховується на основі формули для випромінювання абсолютно чорного тіла

$$N_{T} = \int_{\nu_{1}}^{\nu_{n}} \beta(\nu, T_{T}) \widetilde{\Phi}(\nu) d\nu, \qquad (3.7)$$

де TT – температура ВДТ;

$$\beta(\nu, T_T) = \frac{c_1 \nu^3}{\exp(c_2 \nu/T) - 1} - \phi y н \kappa ц i я Планка;$$
(3.8)

$$\alpha = 1.101 e^{10^5} \nu P/\nu^2 \alpha = 1.439 \text{ см } K \text{ констрити;}$$

 $c_1 = 1,191 \cdot 10^5 \text{ мB/m}^2$, $c_2 = 1,439 \text{ см K}$ – константи; $\widetilde{\Phi}(\nu)$ – нормалізована функція відгуку у діапазоні хвилевих чисел ($v_1 - v_2$), що характеризують і-й спектральний діапазон приладу AVHRR, яка розраховується по формулі

$$\widetilde{\Phi}(\nu) = \frac{\Phi(\nu)}{\int\limits_{\nu_1}^{\nu_n} \Phi(\nu) d\nu}.$$
(3.9)

При розрахунках інтеграл (3.7) замінюється сумою

$$N_T = \sum_{i=1}^n \beta(\nu_i, T_T) \overline{\Phi}(\nu_i) \Delta \nu , \qquad (3.10)$$

$$\overline{\Phi}(\nu_i) = \frac{\Phi(\nu_i)}{\sum_{i=1}^n \Phi(\nu_i) \Delta \nu}, \qquad (3.11)$$

нормалізовані значення функції відгуку наведені у додатку В [10].

Калібрувальні коефіцієнти G і J використовуються при розрахунку температури яскравості ТВ1 по зворотній до (3.8) формулі [9]

$$T_{B1} = \frac{a_2}{\ln(a_1/(J + GX) + 1)} , \qquad (3.12)$$

де X – показання радіометра, отримані з двох сусідніх байтів файлу початкових даних;

 $a_1 = c_1 v_c^3$, $a_2 = c_2 v_c$ – похідні від констант c_1 , $c_2 i v_z$ – еквівалентної частоти пропускання спектрального каналу, яка наведена у додатку В для декількох різних інтервалів температури яскравості, що розраховуються по формулі (3.12).

Значення температури яскравості коректується за допомогою нелінійних добавок по формулі [9]

$$T_{B} = T_{B1} + \Delta C_{j} + \left(\Delta C_{j+1} - \Delta C_{j}\right) \frac{T_{B1} - T_{j}}{T_{j+1} - T_{j}}.$$
(3.13)

Коректуючі добавки ΔCj , у свою чергу, розраховуються по формулі [9]

$$\Delta C_{j} = \Delta C_{j,1} + \left(\Delta C_{j,i+1} - \Delta C_{j,i}\right) \frac{T_{T} - T_{i}}{T_{j+1} - T_{j}},$$
(3.14)

де індекс ј відноситься до температури яскравості, а індекс і до температури ВДТ;

TT – температура ВДТ;

Ті, Ті+1 – межі і-го інтервалу для температури ВДТ;

Тј, Тј+1 – межі ј-го інтервалу для температури яскравості.

Для розрахунку альбедо використовують формулу [9]

$$A = GX + J, \qquad (3.15)$$

де А – значення альбедо;

X – показання приладу AVHRR;

G, J – постійні коефіцієнти, відомі з технічної документації на AVHRR.

Таким чином, з проведеного аналізу видно, що однією з переваг побудови карт розподілу температур є можливість аналізу температурної ситуації одночасно на всій досліджуваній території. Крім того, кольорове представлення температур дозволяє здійснювати сегментацію районів з різними температурними показниками. Але необхідно зазначити, що для точного визначення за допомогою космічних знімків температури земної поверхні необхідно розробляти додаткові методи обробки ІЧ знімків з полярно-орбітальних ШСЗ, зокрема здійснювати корекцію яскравості початкового зображення з урахуванням результатів передпольотного калібрування приладів і перевірки їх чутливості на борту супутника.

3.2.2. Оцінка температури водної поверхні

Зйомка за допомогою теплових інфрачервоних радіометрів, якими оснащеніметеорологічні супутники NOAA, дозволяєздійснювати одноразову глобальну фіксацію температур поверхні морів та океанів. Глобальні супутникові фотокарти температур морської поверхні SST (Sea Surface

Temperature) складаються по знімках AVHRR/NOAA з 1981 року з різним часовим і просторовим усереднюванням, а з 2001 року вони створюються у реальному масштабі часу на основі багатоканального алгоритму визначення температур і використовуються з оперативною метою [11].

Крім вивчення власне температур води, теплова інфрачервона зйомка дає матеріал для дослідження динамічних процесів у морях та океанах, течій, океанічних вихорів і фронтів, апвелінгів та інших явищ, при вивченні яких застосовують також матеріали про рівень океанічної поверхні.

Щоденні глобальні і регіональні карти температур морської поверхні доступні у мережі INTERNET, наприклад [11]: http://www.remss.com/sst/sst_data_daily.html?sat=amsre, або http://www.remss.com/tmi/tmi_browse. html, де є можливість вибору режиму перегляду даних (щоденні, за три дні, за тиждень, за місяць), а також територіального обхвату. Але на цих сайтах не викладаються карти температур морської поверхні, створені по знімках супутників NOAA.

У тепловому інфрачервоному діапазоні спектра є два "вікна прозорості" атмосфери – в інтервалах довжин хвиль 3 – 5 мкм і 8 – 13 мкм, де можна проводити космічні дослідження морів та океанів. У першому з цих "вікон" власне теплове випромінювання океану підсумовується по інтенсивності з відбитим сонячним випромінюванням, тому вимірювання температури океану повинні проводитися тільки на тіньовій стороні орбіти. У другому "вікні" відбита сонячна радіація практично відсутня і теплові вимірювання не залежать від умов освітленості поверхні Землі Сонцем.

Точне знання розподілу температури морів та океанів дозволяє визначати межі течій, положення фронтальних зон, стежити за переміщеннями океанічних мезомасштабних вихорів, знаходити райони підвищеної біопродуктивності, оцінювати взаємодію морів та океанів з атмосферою і вирішувати ряд інших важливих завдань.

Інформацію про температуру водної поверхні несе інфрачервоне теплове випромінювання, інтенсивність якого пов'язана із звичайною (термодинамічною) температурою відомим законом Стефана-Больцмана. Оскільки цю інтенсивність можна зміряти за допомогою встановленої на борту ШСЗ апаратури, то таким чином можна визначити і температуру водної поверхні.

Розглянемо можливість моніторингу температур водної поверхні за допомого знімків з супутників NOAA. Аналіз будемо проводити по знімках Чорного і Азовського морів, які приймалися станцією прийому знімків з супутників NOAA, що розташована в Національному аерокосмічному університеті "XAI". Карти температур побудовані за допомогою спеціалізованої програми **HRPT Reader**.

Чорне і Азовське моря омивають територію України, тому моніторинг температури їх водної поверхні є важливим і представляє великий інтерес. Чорне море [12] займає площу 420,3 тис. кв. км. Найбільша його протяжність із заходу на схід 1150 км, ширина з півночі на південь 580 км. Максимальна глибина моря складає 2258 м, об'єм води 537 тис. куб. км. Чорне море як правило незамерзаюче. Тільки у суворі зими на нетривалий час льодом покриваються Каркинітська, Каламітська і Феодосійська затоки, Керченська бухта і Керченська протока. Температура поверхневого шару води влітку досягає + 23 °C, взимку + 5 … + 8 °C. Азовське море [12], можна сказати, є великою затокою Чорного моря, яка сполучена з ним Керченською протокою. Площа Азовського моря 38 тис. кв. км, максимальна глибина 14 м, об'єм води 320 куб. км. Температура поверхневого шару води влітку піднімається до + 25 … + 30 °C. Взимку море замерзає майже на три місяці. При цьому у берегів утворюється нерухомий, а в центральній частині плавучий лід.

Температуру водної поверхні за допомогою спеціалізованої програми HRPT Reader можна аналізувати за допомогою двох вкладок Temperature i SST. На рис. 3.23 показаний синтезований знімок, який був отриманий з супутника NOAA 19 (1, 2, 4 канали) 3 травня 2012 року о 13 год. 00 хв. На знімку відображені Азовське і Чорне моря.



Рисунок 3.23 – Синтезований знімок з супутника NOAA (1, 2, 4 канали), 03.05.2012, 13 год. 00 хв.

На рис. 3.24 наведена карта розподілу температур водної поверхні, яка була отримана за допомогою вкладки **Temperature**.



Рисунок 3.24 – Карта розподілу температур водної поверхні, що зображена на рис. 3.23, яка отримана за допомогою вкладки **Temperature**

На рис. 3.24 можна спостерігати, що температура водної поверхні розподілена нерівномірно. Більші температури в основному спостерігаються на узбережжі (жовтий та світло-зелений кольори на карті), а менші на віддаленні від берегу (темно-зелений колір на карті). Але існують області водної поверхні, особливо у Чорному морі, де температура вища на віддаленні від берегу. Також на рисунку видно, що температури води на узбережжях Чорного та Азовського морів у травні 2012 року відрізнялися не сильно і були у межах +15 ... +17 °C. Найбільші температури у Чорному морі фіксувалися на південному березі Криму, у Каркинітській затоці та на узбережжі Румунії, а в Азовському морі – у районі м. Таганрог (Росія).

На рис. 3.25, а-в наведені карти розподілу температур вихідного зображення (див. рис. 3.23) водної поверхні, які були побудовані за допомогою вкладки SST. Вибір вкладки SST дозволяє аналізувати температуру водної поверхні, яка визначається з урахуванням інформації 3 каналу радіометра AVHRR супутників NOAA. Існує різниця у значеннях температур водної поверхні при виборі вкладок **Temperature** і SST. Так при виборі вкладки SST температура водної поверхні за рахунок корекції приблизно на 2 °C вище у порівнянні з вибором вкладки **Temperature**.

Крім того, як зазначалося вище, на панелі **Range** можна автоматично вибирати діапазони температур, які будуть відображатися на зображенні. Можливість такого вибору дозволяє проводити аналіз ділянок водної поверхні з конкретною температурою і кольорова гамма карти температур водної поверхні буде не такою великою, як при виборі вкладки Temperature. Це дає можливість більш якісно проводити сегментацію водної поверхні за температурною ознакою.



а



б



В

Закінчення рисунку 3.25 – Карти розподілу температур водної поверхні, що зображена на рис. 3.23, які отримані за допомогою вкладки **SST**, позначки: **Full** (a), **Warm** (б), **Hot** (в)

Позначивши Full на панелі **Range**, на зображенні відображається весь діапазон температур, який задається за умовчанням, від -2 °C до +37 °C. За межами цього діапазону менші температури відображаються світло-сірим кольором, а більші температури – темно-сірим кольором. Поставивши позначку ліворуч **Cool**, можна переглянути карту температур від -2 °C до +15 °C, **Warm** – від +5 °C до +20 °C, **Hot** – від +15 °C до +30 °C. Поставивши позначку ліворуч **User**, користувач має можливість самостійно вибирати межі діапазону температур -2 °C до +37 °C, які виводяться на зображенні.

Як видно на рис. 3.25, а, на відміну від рис. 3.24, представлення результатів при виборі вкладки SST дозволяє проводити аналіз в основному водної поверхні, а земна поверхня та області, зайняті хмарами, відповідно, позначаються темно-сірим кольором (більші температури) і світло-сірим кольором (менші температури). Але, як і при виборі вкладки Temperature, карта температур водної поверхні практично не змінюється (невелика відмінність у насиченості жовтого і зеленого кольорів).

Виділити температурні особливості водної поверхні дозволяє побудова карт температур, позначивши **Warm** і **Hot** (див. рис. 3.25, б і в відповідно). На цих рисунках більші температури позначаються червоним кольором. З порівняння кольорової гамми на рис. 3.25, б і в видно, що загальна температура Чорного і Азовського морів у травні 2012 року була теплою (до +20 °C), а не гарячою (вище +25 °C).

Аналіз таких карт температур водної поверхні також показав, що більші температури зафіксовані уздовж узбережжя Чорного і Азовського морів, а менші на віддаленні від берегу. Найбільші температури у Чорному морі фіксувалися на південному березі Криму, у Каркинітській затоці та на узбережжі Румунії, а в Азовському морі – у районі м. Таганрог (Росія). Найбільш наглядно це зображено на рис. 3.25, б, при виборі позначки **Warm**, а області водної поверхні з температурою у межах +15 ... +17 °C, краще відображаються при виборі позначки **Hot** (див. рис. 3.25, в).

Таким чином, аналіз температур водної поверхні можна здійснювати за допомогою двох вкладок спеціалізованої програми **HRPT Reader** – вкладки Temperature і вкладки **SST**. Застосування вкладки Temperature дає можливість проводити загальний аналіз температури земної і водної поверхонь. А використання вкладки **SST** дозволяє більш якісно проводити сегментацію водної поверхні за температурною ознакою. Подальший аналіз температур водної поверхні будемо проводити за допомогою вкладки **SST**.

За допомогою знімків NOAA можна досліджувати морські та океанські течії. Морські течії – це переміщення водних мас, що характеризується напрямом і швидкістю [13]. В Азовському і Чорному морях великих течій не спостерігається, але можна досліджувати невеликі переміщення водної маси. Дослідити течії на космічних знімках можна завдяки реєстрації непрямих ознак, наприклад, зміни температур водної поверхні. За допомогою таких
знімків можна визначити ширину струменя, супроводжуючі течію вихори (ринги) та ін. При цьому течії відображаються у полі температури, тобто на карті температур водної поверхні.

На рис. 3.26 та рис. 3.27 наведені карти розподілу температур водної поверхні, які були побудовані на основі космічних зображень з супутника NOAA 19, відповідно, 20 серпня 2012 року о 13 год. 47 хв. та 21 серпня 2012 року о 13 год. 40 хв.



Рисунок 3.26 – Карта розподілу температур водної поверхні Чорного моря, 20.08.2012, 13 год. 47 хв.



Рисунок 3.27 – Карта розподілу температур водної поверхні Чорного моря, 21.08.2012, 13 год. 40 хв.

Як видно з аналізу рис. 3.26 та рис. 3.27, у напрямку від узбережжя Болгарії до мису Херсонес на Кримському півострові спостерігається

переміщення більш холодних водних мас (світло-жовтий колір на карті). При цьому також добре спостерігаються супроводжуючі течію вихори.

За допомогою знімків з супутників NOAA також можна досліджувати фронти і фронтальні зони в океані і морі. Відповідно до класичного визначення фронтальною зоною вважається така зона в океані або морі, де спостерігаються просторові градієнти основних термодинамічних характеристик у порівнянні з їх фоновим розподілом [13]. Найважливішими відмітними властивостями фронтальних зон незалежно від масштабів є їх складна структура, висока динамічність і просторово-часова мінливість.

Фронти на поверхні моря та океану мають в основному вид протяжних смуг з максимумами горизонтальних градієнтів характеристик та екстремумами характеристик стану морської поверхні. Усередині фронтальної зони може існувати декілька фронтальних розділів.

У Чорному морі також можуть спостерігатися фронти і фронтальні зони, особливо навесні і восени. На рис. 3.28 показаний синтезований знімок, який був отриманий з супутника NOAA 19 (1, 2, 4 канали) 4 вересня 2012 року о 12 год. 48 хв. На знімку відображені Чорне море та частина Азовського моря. Але на цьому знімку неможливо виділити фронтальної зони, водна поверхня виглядає однорідною. Для визначення фронтальних зон побудуємо карту температури.



Рисунок 3.28 – Синтезований знімок з супутника NOAA (1, 2, 4 канали), 04.09.2012, 12 год. 48 хв.

На рис. 3.29 наведена карта розподілу температур водної поверхні, яка побудована по інформації космічного знімка, показаного на рис. 3.28. Як видно на рис. 3.29, можна спостерігати наявність фронтальної зони з різкою зміною температури у Чорному морі. Ця фронтальна зона розповсюджується у напрямку від м. Геленджик (Росія) до м. Бафра (Туреччина). Також

посередині фронтальної зони спостерігається фронт на поверхні моря у вигляді протяжної смуги з максимальною температурою (яскраво-червоний колір на карті).



Рисунок 3.29 – Карта розподілу температур водної поверхні Чорного моря, 04.09.2012, 12 год. 48 хв.

Ще один приклад виділення фронтальних зон на водній поверхні проілюстрований на рис. 3.30. На рисунку наведені карти розподілу температур водної поверхні Чорного і Каспійського морів. Карти побудовані на основі космічного знімка з супутника NOAA 18, отриманого 11 червня 2012 року о 14 год. 22 хв. При цьому на рис. 3.30, а показана карта температур, якщо позначено Full, тобто діапазон температур, що відображається, змінюється від -2 °C до +37 °C, а на рис. 3.30, б – при виборі позначки User, коли діапазон температур, що відображається, змінюється від +23 °C до +30 °C.

На рис. 3.30, а видно, що 11 червня 2012 року у Чорному морі існувала велика фронтальна зона уздовж чорноморського узбережжя Росії, Грузії та частини Туреччини. У цій фронтальній зоні спостерігалася максимальна на той час у Чорному морі температура. У той же час у Каспійському морі спостерігалися дві фронтальні зони: одна на півночі, а друга на півдні. Північна фронтальна зона мала більші перепади температури, у порівнянні з південною (більш насичений червоний колір на карті).

Провести більш детальний аналіз меж фронтальних зон дозволяє побудова карти розподілу температур водної поверхні з визначеним (вузьким) діапазоном змін температур, як це показано на рис. 3.30, б. На цій карті дуже добре виділяються межі фронтальних зон як у Чорному, так і Каспійському морях. На карті ці межи зображені темно-синім кольором. Крім того, на карті малиновим кольором виділяються перехідні зони між

теплими і холодними водними масами.

Таким чином, за допомогою побудованих на основі знімків з супутників NOAA карт температур водної поверхні можна досліджувати як океанські і морські течії, так і фронти та фронтальні зони в океані і морі.



а



б

Рисунок 3.30 – Карти розподілу температур водної поверхні Чорного і Каспійського морів, 11.06.2012, 14 год. 22 хв., позначки: Full (a), User (б)

Ще одним напрямком досліджень водної поверхні за допомогою знімків з супутників NOAA може бути досліджування вихорів і вихрових структур.

Як правило виділяють фронтальні вихори, вихори відкритого океану, що виникають внаслідок бароклінної нестійкості; топографічні вихори, пов'язані з обтіканням підводних перешкод водними масами, і синоптичні вихори, породжені атмосферними процесами (наприклад, тайфунами) [13]. Розрізняють циклонні та антициклонні вихори (за типом обертання), великомасштабні, проміжні та мезомасштабні (по просторових масштабах), а також квазіпостійні, довгоживучі і короткоживучі (за часом існування). Супутникова інформація дає можливість побачити картину вихрових рухів в океані і морі. В Азовському і Чорному морях в основному можна досліджувати невеликі синоптичні вихори, породжені атмосферними процесами.

На рис. 3.31, а, б, відповідно, показані синтезовані знімки (1, 2, 4 канали), які були отримані 18 вересня 2012 року з супутника NOAA 16 о 09 год. 17 хв. і з супутника NOAA 19 о 13 год. 43 хв.

Як видно на рис. 3.31, а, б, у ці часи над Чорним морем рухався атмосферний вихор від чорноморського узбережжя Росії до узбережжя Туреччини.

На рис. 3.32, а, б наведені карти розподілу температур водної поверхні, які були побудовані на основі знімків з супутників NOAA 16 і NOAA 19, відповідно, 18 вересня 2012 року о 09 год. 17 хв. та о 13 год. 43 хв.

Карти температур, що показані на рис. 3.32, побудовані при виборі позначки User, коли діапазон температур, що відображається, змінювався від +18 °C до +37 °C. Побудовані карти температур дозволяють дослідити безпосередньо сам вихор та його структуру. На рис. 3.32, а можна побачити, що температура водної поверхні з різних сторін атмосферного вихору різна, з одного боку нижча, а з іншого вища.



Рисунок 3.31 – Синтезовані знімки з супутників NOAA (1, 2, 4 канали): NOAA 16, 18.09.2012, 09.17 (а); NOAA 19, 18.09.2012, 13.43 (б)



Закінчення рисунку 3.31 – Синтезовані знімки з супутників NOAA (1, 2, 4 канали): NOAA 16, 18.09.2012, 09.17 (а); NOAA 19, 18.09.2012, 13.43 (б)

По одному знімку (карті температури) не можливо визначити напрямок руху вихору та його вплив на температуру водної поверхні. Різночасові знімки водної поверхні і побудова по них карт температур дозволяють вирішити ці задачі. На рис. 3.31, б видно, що атмосферний вихор рухався від чорноморського узбережжя Росії до узбережжя Туреччини, а на рис. 3.32, б – що температура водної поверхні за вихором нижче температури перед ним.

Крім того, на рис. 3.32, б видно, що холодніші водні маси переміщуються разом з атмосферним вихором і холодні та теплі водні маси також представляють собою вихрові структури.

Також по різночасовим знімкам можна досліджувати структуру атмосферного вихору. На рис. 3.31, а і рис. 3.32, а видно, що на початковому етапі атмосферний вихор мав доволі широку просторову структуру і центр вихору також був доволі великим та мав нижчу температуру (до +20 °C). Також з цих рисунків видно, що з часом просторова структура атмосферного вихору змінилася. Розміри атмосферного вихору стали менше, а його сила сконцентрувалася ближче до центру, про що свідчить зменшення розмірів центру вихору і зниження там температури (більш насичений малиновий колір на карті температур).

Таким чином, космічні зображення дозволяють отримати інформацію про типи вихрових рухів, про час життя, розміри, напрям обертання (циклонний або антициклонний вихор) і напрям переміщення у просторі.





б

Рисунок 3.32 – Карти розподілу температур водної поверхні Чорного моря, побудовані на основі знімків з супутників: NOAA 16, 18.09.2012, 09 год. 17 хв. (а); NOAA 19, 18.09.2012, 13 год. 43 хв. (б)

За допомогою знімків NOAA можна досліджувати ще одне явище, яке спостерігається на водній поверхні – апвелінг. Апвелінгом називають явище підйому глибинних вод (холодніших, солоніших і насичених біогенними елементами) на поверхню [13]. Розрізняють два типи апвелінгу: прибережний і відкритого океану. Прибережний апвелінг виникає внаслідок зганяння поверхневих вод вітром і підйому на їх місце глибинних вод. У відкритому океані апвелінг утворюється із-за дивергенції (розбіжності) поверхневих течій як компенсаційний підйом глибинних вод до поверхні.

На Азовському і Чорному морях можна спостерігати прибережний апвелінг. На рис. 3.33 показаний синтезований знімок, який був отриманий з супутника NOAA 19 (1, 2, 4 канали) 6 вересня 2012 року о 14 год. 08 хв.



Рисунок 3.33 – Синтезований знімок з супутника NOAA (1, 2, 4 канали), 06.09.2012, 14 год. 08 хв.

На рис. 3.34 наведена карта розподілу температур водної поверхні, яка була отримана за допомогою вкладки **Temperature**, а на рис. 3.35, а, б – карти розподілу температур, побудовані за допомогою вкладки SST.



Рисунок 3.34 – Карта розподілу температур водної поверхні, що зображена на рис. 3.33, яка отримана за допомогою вкладки **Temperature**



188



Рисунок 3.35 – Карти розподілу температур водної поверхні, що зображена на рис. 3.33, які отримані за допомогою вкладки SST, позначки: Full (a), User (б)

На рис. 3.34 та рис. 3.35 можна спостерігати, що температура водної поверхні на узбережжі Туреччини від м. Інеболу до м. Синоп значно нижча середньої температури у Чорному морі. На рис. 3.34 ці температури відображаються насиченим зеленим кольором на карті; на рис. 3.35, б – темносинім і малиновим кольорами. Тобто можна зробити висновок, що у цей час спостерігався прибережний апвелінг. Крім того, необхідно зазначити, що поблизу м. Інеболу прибережний апвелінг спостерігався на значній відстані від берегу і градієнт температури у ньому був великий. Як видно на рис. 3.35, б, температура водної поверхні у середині апвелінгу була нижче +15 °С (сірий колір на карті), а за межами – близько +25 °С (світло-блакитний колір на карті). Межа прибережного апвелінгу на рис. 3.35, б показана малиновим кольором, тобто температура водної поверхні дорівнювала +15 °С.

Таким чином, знімки з супутників NOAA можна використовувати для дослідження прибережного апвелінгу у Чорному та Азовському морях.

Необхідно зазначити, що поряд з перевагами застосування космічних знімків для оцінки температури водної поверхні існує ряд проблем.

Основними проблемами, що виникають при обробці космічної інформації, є проблеми усунення атмосферних завад і проблеми наведення інформації до вигляду, зручного і звичного для фахівців [12]. Річ у тому, що як правило за температуру поверхневого шару морів та океанів приймають термодинамічну температуру води, зміряну за допомогою ртутного або іншого контактного термометра на цілком певній глибині (0,5 м). А радіометри інфрачервоного діапазону вимірюють радіаційну температуру тонкої випромінюючої поверхневої плівки (скін слою або прикордонного

шару, або холодної плівки), товщина якої не перевищує декількох десятків мікрометрів. Але, як показали точні вимірювання, у тонкому, завтовшки всього декілька сантиметрів, прикордонному шарі водної поверхні є завжди позитивний або негативний перепад температур.

Таким чином, навіть в ідеальному випадку, тобто за відсутності атмосферних завад, завжди спостерігається різниця між свідченнями звичайного термометра, опущеного на глибину 0,5 м, і свідченнями радіометра, що вимірює температуру поверхневої плівки завтовшки декілька мікрометрів [12]. Крім того, при інтерпретації даних дистанційного зондування необхідно враховувати, що супутникові вимірювання відповідають інтегральному потоку з деякої площі, а традиційні вимірювання за допомогою контактного термометра проводяться в одній точці і це також може бути джерелом розузгодження у показаннях приладів.

Часто цю природну різницю температур приймають за помилку методу і говорять про низьку точність космічної інфрачервоної радіометрії, що цілком невірно. Космічні радіометри дозволяють вимірювати радіаційну температуру підстилаючої поверхні з точністю до 0,1 °C і саме така величина повинна розглядатися як міра точності для космічних інфрачервоних методів вимірювання температури водної поверхні. Вплив атмосфери і хмарності при цьому можна враховувати за допомогою калібрування даних по вимірюваннях на тестових ділянках, а також застосовуючи спеціальні методи обробки результатів дистанційного зондування.

Також існують деякі особливості дослідження температури водної поверхні у порівнянні з оцінкою температури земної поверхні. Вони пов'язані з тим, що теплоємність води у два рази більше теплоємності порід, що складають сушу [12]. Це означає, що за одних і тих же умов за певний період часу поверхня суші встигне нагрітися удвічі більше, ніж поверхня води. Крім того, вода при нагріванні випаровується, на що витрачається також деяка кількість теплової енергії. Крім того, необхідно відзначити ще одну дуже важливу причину, що уповільнює нагрівання: це перемішування верхніх шарів води завдяки хвилюванню і конвекційним струмам (до глибини 100 і навіть 200 м).

Таким чином, поверхня води нагрівається значно повільніше, ніж поверхня суші. В результаті добова і річна амплітуди температури поверхні морів та океанів у багато разів менше добової і річної амплітуди температури поверхні суші. Але завдяки більшій теплоємності і глибшому прогріванню водна поверхня накопичує тепло значно більше, чим поверхня суші. В результаті середня температура поверхні морів та океанів згідно обчисленням перевершує середню температуру повітря всієї земної кулі на 3 °C.

3.3. Моніторинг стану морських акваторій

Як вже зазначалося вище, з супутника NOAA отримуються дані у п'яти

спектральних каналах: у двох видимих (0,58 – 0,68 мкм; 0,725 – 1,10 мкм), ближньому інфрачервоному (3,55 – 3,93 мкм) та у двох інфрачервоних (10,5 – 11,3 мкм; 11,5 – 12,5 мкм). Після первинної обробки у спеціалізованій програмі **HRPT Reader** кожний канал може зберігатись у форматі .bmp. Цей формат передає всю інформацію вихідних зображень. Таким чином, після первинної обробки, яка проводиться для корекції знімків, зображення зберігаються поканально у форматі .bmp.

Для читання та подальшої обробки отримуваних даних був створений програмний модуль IMPROC, в якому реалізовано алгоритм обробки космічних знімків у форматі .bmp з метою моніторингу стану морських акваторій.

Формат ВМР (від англ. Bitmap Picture) – формат зберігання растрових зображень, який складається з чотирьох частин:

– ВМР – заголовок файлу: містить інформацію про тип, розмір і місце розташування зображення (BITMAPFILEHEADER);

– інформаційний заголовок: визначає розміри, тип стискання та колірний формат зображення (BITMAPINFOHEADER, може бути відсутнім), BIT-MAPV5HEADER (Win98/Me, 2000/XP);

– колірна таблиця: визначає масив структур RGBQUAD, що містить стільки елементів, скільки кольорів у растрі. Колірна таблиця не створюється для bmp-файлів з 24-бітними кольорами, тому що кожен піксел визначається 24-бітними значеннями RGB з області даних;

– масив байтів (саме зображення), які визначають пікселі растру. Ці дані розташовані рядами. Кожен ряд складається з послідовних байт, які визначають пікселі у зображенні зліва направо.

Під час створення програмного модуля IMPROC на першому етапі була розроблена структурна схема програми, яка показана на рис. 3.36, і проаналізовані вихідні дані та задачі, для вирішення яких будуть застосовуватись отримувані космічні знімки.



Рисунок 3.36 – Структурна схема вихідних даних для програмного модуля

При дослідженні стану прибережних акваторій дані ДЗЗ використовуються для контролю забруднень на поверхні моря, аномального

розвитку фітопланктону, а також для контролю берегової абразії. Ступінь інформативності досліджуваних даних з супутника NOAA залежить від площі забруднень на морській поверхні.

Вихідні дані для програмного модуля отримуються у вигляді багатовимірних матриць, розмір яких визначається трьома параметрами: кількістю стрічок, кількістю стовпців зображення та кількістю каналів даних.

Для читання файлу кожного каналу необхідно у пункті меню File програми вибрати вкладку **Open Image** і задати місцеположення знімків (рис. 3.37). Після цього поканально обираються знімки з супутників NOAA.

🝘 improc - [Sea Image Processor v1.05]							
File Processing Filtering Edit View State Window Help							
Чтение изображения					v x	xe Sta	
Папка:	1. 8.06.2011		•	G 👔 📑 🔡			
Ресент Ресент Рабочий стол Ком документы Мож компьютер Мой компьютер	in hrpt02-c1 tin hrpt02-c2 tin hrpt02-c3 tin hrpt02-c4 tin hrpt02-c5						
Сетевое окружение	Имя файла: Тип файлов:	hrpt02-c1 Image Files Полько чтение		•	Открыть Отмена		

Рисунок 3.37 – Відкриття знімків у програмному модулі IMPROC

Таким чином, створений алгоритм читання космічних знімків вихідного формату .bmp може бути використаний для подальшої ідентифікації забруднень морських акваторій із застосуванням спектральних особливостей досліджуваних об'єктів.

3.3.1. Аналіз методів ідентифікації забруднень морських акваторій

Застосування космічних знімків у дослідженнях стану морських акваторій дозволяє підвищити ефективність моніторингу. Комплексні дослідження морських акваторій та їх забруднень проводяться Національним космічним агентством України, Міністерством оборони України, а також Міністерством України з питань надзвичайних ситуацій. Ці роботи можна розділити на декілька напрямків.

Перший напрямок – біофізичні дослідження морських акваторій. Наприклад, Південний науково-дослідний інститут морського рибного господарства та океанографії "ЮгНИРО" розробляє наукове обгрунтування стабільного використання біоресурсів, здійснює комплекс природоохоронних досліджень в Азовському і Чорному морях [19]. Фахівці Інституту біології південних морів ім. А.О. Ковалевського Національної академії наук України та його Одеської філії вивчають види планктонного співтовариства та його просторово-часові зміни [20, 21].

Другий напрямок – створення наукових основ моніторингу водних об'єктів. Роботи в цьому напрямку проводяться у Морському гідрофізичному інституті Національної академії наук України "Океанолог" [22], а також у науково-дослідному центрі Збройних сил України "Державний океанаріум" [23], фахівці якого проводять комплексні екологічні дослідження акваторій Чорного та Азовського морів з метою створення наукових основ для раціонального використання ресурсів і попередження негативних результатів антропогенного впливу на морське середовище.

Незважаючи на те, що за багато років експлуатації штучних супутників Землі накопичений значний досвід застосування космічної інформації ДЗЗ при вирішенні природоохоронних задач, роботи з удосконалення методів дешифрування космічних знімків тривають і тепер. Досліджуються різні інформативні ознаки, розробляються нові методи дешифрування матеріалів космічних зйомок тощо [24-26].

Третій напрямок – дослідження морів за матеріалами космічних зйомок. Системні дослідження в області космічного природознавства, а також розробка технологій обробки космічної інформації проводяться ДНВЦ "Природа", Інститутом радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України, Національним аерокосмічним університетом ім. М.Є. Жуковського "ХАІ" [27-29]. Великий науково-практичний внесок у розвиток методів дешифрування космічних знімків зроблений їх провідними спеціалістами.

Четвертий напрямок – класифікація забруднень морських акваторій. Роботи в цьому напрямку проводяться фахівцями Морського відділення Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту "УкрНИГМИ", які вивчають багаторічні тенденції мінливості інтегральних показників інтенсивності циркуляції та параметрів структури морських вод під впливом нафтових забруднень. Також проводиться діагностика сучасного стану антропогенного забруднення морського середовища.

П'ятий напрямок – експериментальні дослідження забруднень морських акваторій. Роботи у цьому напрямку проводяться, наприклад, фахівцями Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України і Національного космічного агентства України [30].

Велика кількість досліджень присвячена порівняльному аналізу даних контактних вимірів і даних ДЗЗ. Наприклад, порівняння результатів контактних вимірів і кількісних оцінок розподілу концентрації забруднень за матеріалами космічних зйомок розглянуті у роботах [31, 32]. В [31] пропонується для таких оцінок використати штучне еталонування, в [32] наведені результати експерименту, проведеного на озері Байкал, де синхронно з космічною зйомкою відбиралися проби води для виміру загальної концентрації зважених речовин. У роботах [33, 34] запропоновані методики кількісної інтерпретації космічних зображень на основі дистанційних вимірів коефіцієнта спектральної яскравості. У роботі [35] проведений кореляційний аналіз результатів синхронних вимірів коефіцієнта спектральної яскравості і концентрації зважених речовин для озера Байкал і Каховського водосховища. У роботах [36, 37] визначалися концентрації забруднюючих речовин, що надходять у водойму від трьох різних джерел. У роботах [38, 39] порівняння результатів наземних вимірів з параметрами зображень проводилося методами парного нелінійного космічних кореляційного і регресійного аналізу. У роботах [40, 41] проаналізовані розходження у рівняннях регресії для оцінки концентрації зважених речовин, отриманих за даними дистанційного зондування акваторій різних морів. У роботах [42, 43] досліджувався розподіл зважених речовин, що виносяться у Чорне море ріками, які в нього впадають. У роботі [44] поширення зважених речовин, що виносяться ріками у Німецьку затоку, пов'язане з забрудненням моря.

Розглянуті також інші джерела забруднення моря – поверхневий стік з урбанізованої території, промислові скидання [45, 46]. Проводиться вивчення наслідків забруднення – "цвітіння" морської води у прибережній зоні, обумовленого надходженням у море з'єднань азоту [47]. У роботі [48] досліджуються процеси евтрофування внутрішніх водойм і морів. У роботах [49, 50] картосхеми розподілу зважених речовин використовуються для виявлення абразивно-небезпечних ділянок берега.

Незважаючи на те, що у роботах по розглянутому напрямку досліджень охоплений широкий спектр джерел забруднення, а також особливостей використання картосхем розподілу забруднень, характеристики джерел забруднень різних типів залишилися недостатньо вивченими. Це ускладнює аналіз космічних зображень у реальному часі при відсутності апріорної інформації про типи забруднень та їх локалізації.

Аналіз результатів розробок провідних спеціалістів дозволив виділити задачі космічного моніторингу морських акваторій, які потребують детального вивчення. Однією з важливих задач є класифікація зображень ДЗЗ.

Моніторинг морських акваторій базується на визначенні аномальних процесів на поверхні моря та дослідженні їх динаміки розвитку. Для вирішення цих задач необхідно застосовувати космічні знімки високого, середнього та низького розрізнення. Розрізнення визначається задачами, що вирішуються. При ідентифікації розливів нафти більш ефективним є застосування знімків як середньої, так високої розрізненності. А для визначення процесу розвитку фітопланктону, абразії берегової лінії доволі часто достатньо проаналізувати знімки низької розрізненості. Таким чином, характеристики даних ДЗЗ визначаються поставленою задачею. В результаті проведених досліджень були сформовані первинні вимоги до знімків (з точки зору задач, що вирішуються): для визначення процесу «цвітіння» води достатньо застосовувати знімки низького розрізнення в одному або декількох спектральних каналах, уточнення контурів ділянки, що цікавить, можливо проводити за даними середньої та високої розрізненості;

– аналіз внутрішнього процесу абразії берега вимагає даних середнього та високого розрізнення, але для визначення місцеположення цього процесу можливо використовувати дані низького розрізнення;

 ідентифікація точкових процесів забруднень (наприклад, річковий стік) можлива при застосуванні матеріалів космічної зйомки низького розрізнення за умови територіальної протяжності "язика" стоку більш ніж на 1 км;

 – аналіз точних контурів розливу та внутрішнього розподілу хімічних речовин необхідно проводити із застосуванням даних ДЗЗ середнього та високого розрізнення;

 для визначення місцеположення та аналізу розповсюдження дифузних джерел забруднення морської поверхні (наприклад, поверхневий стік з сільськогосподарських угідь) необхідно застосовувати знімки середнього та високого розрізнення;

– дешифрування космічних знімків з метою ідентифікації джерел нафтових забруднень необхідно проводити із застосуванням даних ДЗЗ високого розрізнення.

Таким чином, проаналізувавши можливості матеріалів космічної зйомки для вирішення задач моніторингу морських акваторій можливо виділити декілька напрямків застосування знімків низької розрізненності: ідентифікація та аналіз процесу "цвітіння" води; визначення процесів абразії берега; ідентифікація та первинний аналіз точкових джерел забруднень морів.

В основу алгоритму класифікації даних ДЗЗ покладено яскравісні характеристики отриманих даних. На багатоканальних космічних знімках яскравісні характеристики виявляють неоднорідність поверхневого шару морської поверхні за різними ознаками – це може бути хімічний склад товщі води, щільність мікрочасток, температурні розрізнення та ін. На першому етапі обробки таких даних важливо ідентифікувати розрізнення яскравісних характеристик у кожному каналі зйомки.

Загальний алгоритм класифікації включає в себе основні та допоміжні етапи. Основними є наступні етапи:

– побудова гістограми зображення з метою визначення розподілення яскравісних ознак;

– виділення необхідного діапазону яскравостей на знімку за допомогою реалізованих функцій;

 використання функції пропорціонального розподілення яскравостей на всьому знімку;

- класифікація отриманого зображення.

Допоміжними є такі етапи, як різноманітні види фільтрації даних, використання алгоритмів нелінійного розподілення яскравостей зображення, застосування різноманітних палітр кольорів, обрізання виділеного діапазону значень та ін. Структурна схема алгоритму представлена на рис. 3.38.



Рисунок 3.38 – Блок-схема методів обробки зображень з супутників NOAA

Реалізація наведеної схеми обробки зображень з супутників NOAA базується на постійному аналізі реальних даних, що дозволяє визначати необхідні та найбільш ефективні методи обробки даних.

На цьому етапі реалізації програми результати класифікації відображаються у кольоровій гаммі, де зміна кольору характеризує зміну характеристик поверхні Землі.

Для визначення точних груп класифікації необхідно аналізувати дані космічної зйомки із застосуванням результатів наземних вимірів. Це необхідно для розробки алгоритму розпізнавання об'єктів за даними ДЗЗ.

3.3.2. Алгоритм класифікації космічних знімків за яскравісними ознаками поверхні Чорного та Азовського морів

Розглянемо можливості розробленого алгоритму класифікації даних ДЗЗ на прикладі знімків з супутників NOAA поверхні Чорного та Азовського морів, які були отримані у літній сезон 2011 року.

Першим етапом є візуалізація кожного каналу знімків. На рис. 3.39, а-д показані знімки Чорного моря з супутника NOAA у п'яти каналах, які були прийняті 8 червня 2011 року станцією прийому знімків, що розташована в XAI.

На рис. 3.39, а і б видно, що у двох оптичних каналах більш яскраві ділянки морської поверхні відрізняються по площі та по яскравісному відображенню. Аналіз вихідних даних показав, що аномальні ділянки на поверхні моря у різних каналах відображаються по-різному. Дані ІЧ діапазону також відрізняються між собою (див. рис. 3.39, в, г і д). Для визначення більш детальних характеристик морської поверхні необхідно провести обробку зображень. Подальші етапи розробленого алгоритму розглянемо на прикладі оптичних каналів знімку, наведених на рис. 3.39, а і б.



a

Рисунок 3.39 – Знімок Чорного моря з супутника NOAA (08.09.2011): 0,58-0,68 мкм (а)

😝 File Processing Filtering Edit <u>View</u> State Window Help





б



В

Продовження рисунку 3.39 – Знімок Чорного моря з супутника NOAA (08.09.2011): 0,725-1,10 мкм (б); 3,55-3,93 мкм (в)



Д

Закінчення рисунку 3.39 – Знімок Чорного моря з супутника NOAA (08.09.2011): 0,58-0,68 мкм (а); 0,725-1,10 мкм (б); 3,55-3,93 мкм (в); 10,5-11,3 мкм (г); 11,5-12,5 мкм (д)

На другому етапі необхідно покращити яскравісні характеристики отримуваних даних, для чого застосовується алгоритм покращення яскравості. На рис. 3.40 наведені вихідні зображення та гістограми яскравостей зображення до (рис. 3.40, а) та після використання алгоритму покращення яскравості (рис. 3.40, б).



Рисунок 3.40 – Зображення та їх гістограми яскравостей: до (а) та після (б) виконання алгоритму покращення яскравісних характеристик

При порівнянні знімків, представлених на рис. 3.40, а і б, видно різницю між ними – на першому основна частина знімку затемнена, а на другому чітко проглядаються всі об'єкти на морі та земній поверхні.

Для кожної гістограми інтенсивності кольорових ознак можливо виконати відсічення "хвостів" гістограми з метою видалення з процесу обробки зображень неінформативні яскравісні діапазони. Ця функція виконується задаванням на гістограмі положення правої та лівої вертикальної границі, яка відсікає граничні значення кольорових ознак (рис. 3.41).



Рисунок 3.41 - Відсічення "хвостів" гістограми

Як показав аналіз, використання даної функції дозволяє більш детально розглянути характеристики всього зображення.

На третьому етапі необхідно визначити діапазон яскравостей, який представляє собою ділянку на поверхні моря, що цікавить. Для реалізації цього етапу використовується функція виділення ділянки території за допомогою миші. Результати виділення паралельно відображаються на гістограмі зображення.

На рис. 3.42 наведений знімок (а) після виділення ділянки, що цікавить, та гістограма яскравостей (б), на якій синім кольором відображається виділена ділянка.



Рисунок 3.42 – Виділення ділянки (а) і побудова гістограми ділянки (б), що цікавить



Закінчення рисунку 3.42 – Виділення ділянки (а) і побудова гістограми ділянки (б), що цікавить

Представлення виділеної ділянки у такому вигляді дозволяє провести попередній аналіз статистичних характеристик зображення та визначити подальші кроки обробки даних. У залежності від вигляду гістограми зображення та місцеположення ділянки, що цікавить, подальші кроки відрізняються. Основною задачею даного етапу є визначення яскравісних характеристик аномальних ділянок на поверхні моря.

Аналіз ряду зображень показав, що для знімків різних сезонів характеристики поверхні моря значно розрізняються, що пояснюється протіканням як природних процесів (зміна температури води, збільшення або зменшення "цвітіння" води), так и техногенними чинниками (динамічні зміни викидів точкових та дифузних джерел забруднення та ін.).

На основі аналізу матеріалів космічних зйомок були визначені параметри класифікатора зображень, які є основою для ідентифікації техногенного навантаження на акваторіях Чорного та Азовського морів з урахуванням спектральних особливостей досліджуваних об'єктів.

Для визначення найбільш інформативних космічних знімків необхідно проаналізувати отримувані дані за декількома характеристиками:

- температурні зміни повітря (води);
- закриття хмарами визначеної ділянки у різні сезони;
- протікання внутрішніх процесів Чорного та Азовського морів у

залежності від природних факторів;

– коливання техногенного навантаження досліджуваної ділянки морської поверхні та ін.

Виконання даного етапу базується на аналізі отримуваних даних з супутників NOAA у різні сезони. Як показав аналіз знімків, найбільш наочними є дані, отримувані у весняно-літній період. У визначений період можливо спостерігати розвиток фітопланктону, а також у цей період підвищується ризик антропогенного навантаження за рахунок збігу початку сільськогосподарських робіт на полях та початку дощового сезону. Такий збіг обумовлює ріст дифузних джерел забруднення шкідливими хімічними речовинами водних об'єктів, які формують загальний басейн Чорного та Азовського морів.

Для ідентифікації процесів забруднення поверхні моря більш ефективним є застосування даних оптичного діапазону. Дані ІЧ діапазону використовують як допоміжні з метою прогнозування розвитку виявлених аномальних процесів морської поверхні.

В результаті виконання даного етапу відбираються дані матеріалів космічних зйомок, які є найбільш інформативними для визначених типів техногенних забруднень на поверхні морів. Аналізуються такі показники, як спектральні можливості даних, сезонність космічних знімків, процентне покриття хмарами досліджуваної території.

3.3.3. Обробка космічних знімків для ідентифікації техногенних забруднень Чорного та Азовського морів

Розроблений програмний модуль, який реалізує алгоритм первинної класифікації зображення, був застосований для обробки знімків з супутників NOAA. Важливою задачею обробки багатоканальних знімків є виділення найбільш інформативних каналів даних. Для вирішення цієї задачі були проаналізовані всі п'ять каналів кожного знімку. Результатом проведеного етапу є набір сегментованих зображень ділянки Чорного моря, поділений на групи за яскравісними характеристиками.

Алгоритм кластеризації [51], який базується на яскравісних відмінностях поверхні моря за рахунок протікання визначених природних та антропогенних процесів, дозволив виділити ділянки поверхні моря, які відрізняються від загальної цвітності води. На рис. 3.43 показаний загальний вигляд гістограми зображення, що оброблюється, та знайдених кластерів. При цьому виникають області невизначеності інтенсивності кольорових характеристик (виділені синім кольором), які не можуть бути однозначно віднесені до визначеної групи пікселів.



Рисунок 3.43 – Вигляд гістограми яскравості зображення

На рис. 3.44 представлений результат кластеризації знімку (див. рис. 3.39, а) з виділенням аномальної ділянки морської поверхні. Для порівняння один і той самий алгоритм був застосований для цього ж знімку інших каналів.



Рисунок 3.44 – Кластеризація кольорового простору ділянки забруднення Чорного моря за даними з супутника NOAA (0,58-0,68 мкм)

На рис. 3.45 представлений результат розділення пікселів зображення за яскравісними ознаками, який відображає виділення аномальної ділянки



Рисунок 3.45 – Кластеризація кольорового простору ділянки забруднення Чорного моря за даними з супутника NOAA (0,725-1,10 мкм)

Як видно на рис. 3.45, виділена ділянка відрізняється від ділянки, показаної на рис. 3.44, і за площею, і за яскравісними характеристиками. Це обумовлюється тим, що спектральні діапазони є чутливими до різних параметрів. Остаточне визначення різниці параметрів можливе при застосуванні додаткового матеріалу результатів наземних досліджень.

На рис. 3.46 проілюстрований результат кластеризації зображення, представленого на рис. 3.39, г.



Рисунок 3.46 – Кластеризація кольорового простору ділянки забруднення Чорного моря за даними з супутника NOAA (10,5-11,3 мкм) Аналіз результатів, фрагменти яких представлені на рис. 3.44 – 3.46, показує різницю характеристик, які реєструються у різних спектральних діапазонах.

Результати обробки зображень можливо зберігати у векторному шарі, що дозволяє проводити обмін тематичних векторних шарів з іншими програмами.

Для подальшого аналізу необхідно набрати статистичні дані стану Чорного та Азовського морів. Такий набір статистичних даних дозволить прогнозувати динаміку розвитку аномальних процесів на поверхні моря.

Алгоритм обробки зображень з супутників NOAA потребує подальших досліджень з метою тематичної обробки доступних матеріалів космічної зйомки.

3.3.4. Загальний алгоритм створення векторних карт за даними космічних знімків

Точність розробленого алгоритму векторизації виділених ділянок за даними космічних знімків дозволяє здійснити векторизацію растрових даних, що оброблюються. Одним з важливих етапів роботи алгоритму є виділення берегової лінії. Розглянемо алгоритм розділення космічного знімку на два класи: "суша" та "вода". Ймовірність правильного розділення знімку на задані класи знаходиться у межах 60-80 %.

Для виділення морської поверхні на зображенні може використовуватися ІЧ діапазон (10,5 – 11,3 мкм). На рис. 3.47 представлені дані з супутника NOAA зазначеного каналу.



Рисунок 3.47 – Дані з супутника NOAA (канал № 4)

На рис. 3.48 наведена характерна гістограма зональної яскравості фрагменту космічного знімка в ІЧ діапазоні, що містить зображення морської поверхні і прилягаючих ділянок суходолу.



Рисунок 3.48 – Гістограма зображення, представленого на рис. 3.47

Гістограма (див. рис. 3.48) має яскраво виражений бімодальний характер. Мода 1 відповідає зображенню водної поверхні, а мода 2 (більш високі значення яскравості) – зображенню суходолу.

Закони розподілу наведених на рис. 3.48 гістограм у першому наближенні можна вважати нормальними (рис. 3.49).



Рисунок 3.49 – Теоретична щільність розподілу, що відповідає гістограмі, представленій на рис. 3.48

Математичною моделлю зображення при цьому може бути суміш

$$f(x) = p_M \cdot \frac{\exp\left\{-\frac{(x-m_M)^2}{2 \cdot \sigma_M^2}\right\}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma_M^2}} + p_E \cdot \frac{\exp\left\{-\frac{(x-m_E)^2}{2 \cdot \sigma_E^2}\right\}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma_E^2}} , \qquad (3.16)$$

де х – вибірка даних;

 $m_{M}, \sigma_{M}, m_{E}, \sigma_{E}$ – математичне очікування і дисперсія інтенсивності для моря й берега відповідно;

p_M, p_Б, – вагові коефіцієнти, що забезпечують виконання вимоги (f(x)dx=1.

Таким чином, для рішення задачі виділення ділянок, що цікавлять, необхідно визначити параметри $m_M^{}, \sigma_M^{}, m_B^{}, \sigma_B^{}, p_M^{}, p_B^{}.$

У випадку виділення на космічному знімку морської поверхні розглядаються бімодальні статистичні моделі, методика побудови яких викладена у роботі [53].

Нехай Х-вектор спостережень і потрібно визначити його приналежність до класу ωб (берегова поверхня) або ωм (морська поверхня). Вирішальне правило, засноване на апостеріорних ймовірностях, має вигляд

$$P(\omega_{M}|X) \stackrel{>}{<} P(\omega_{\delta}|X) \to X \in \begin{cases} \omega_{M} \\ \omega_{\delta} \end{cases}$$
(3.17)

Апостеріорні ймовірності визначаються за допомогою теореми Байєса по апріорних ймовірностях та умовних щільностях

$$P(\omega_i | X) = \frac{p(X | \omega_i) \cdot P(\omega_i)}{p(X)},$$
(3.18)
me $p(X) = \sum_{i=1}^{2} P(\omega_i) \cdot P(X | \omega_i)$

Так як в обидві частини нерівності (3.17) входить та сама щільність імовірності p(X), то вирішальне правило (3.17) можна представити у вигляді

$$l(X) = \frac{p(X|\omega_M)}{p(X|\omega_B)} \stackrel{\geq}{\leq} \frac{P(\omega_B)}{P(\omega_M)} \xrightarrow{} X \in \begin{cases} \omega_M \\ \omega_B \end{cases},$$
(3.19)

де l(X) – відношення правдоподібності,

 $\frac{P(\omega_{\scriptscriptstyle B})}{P(\omega_{\scriptscriptstyle M})}$ – граничне значення відносини правдоподібності для даного вирішального правила.

Рівняння (3.19) можна представити у вигляді

$$-\ln l(X) = -\ln p(X|\omega_{M}) + \ln p(X|\omega_{B}) \stackrel{>}{<} \ln \left\{ P(\omega_{M}) / P(\omega_{B}) \right\} \rightarrow X \in \begin{cases} \omega_{M} \\ \omega_{B} \end{cases}$$
(3.20)

Рівняння (3.20) можна використовувати для виділення морської поверхні на космічному знімку. При цьому використовуються бімодальні нормальні закони розподілу вигляду (3.16) з математичними очікуваннями mM та mБ, і дисперсіями σМ та σБ. При цьому вирішальне правило (3.20) приймає вигляд

$$h(X) = -\ln l(X) = \frac{1}{2} \frac{(X - m_M)^2}{\sigma_M^2} - \frac{1}{2} \frac{(X - m_E)^2}{\sigma_E^2} + \frac{1}{2} \ln \frac{\sigma_M^2}{\sigma_E^2} < \ln \frac{P_M}{P_E} \to X \in \begin{cases} \omega_M \\ \omega_E \\ \vdots \end{cases}$$
(3.21)

Визначення граничного значення вирішального правила (3.21) дозволяє сформувати маску для аналізованого зображення

$$mask_{ij} = \begin{cases} 1, if(x_{ij} \le h(x)) \\ 0, if(x_{ij} > h(x)) \end{cases}, \quad (3.22) \end{cases}$$

де Х_{іі} – значення яскравості піксела. Виконання операції множення зображення на отриману маску

$$\mathbf{y}_{ij} = \mathrm{mask}_{ij} \cdot \mathbf{x}_j \tag{3.23}$$

дозволяє виділити море на аналізованому знімку. Результат застосування маски (3.22), (3.23) до знімка, показаного на рис. 3.47, наведений на рис. 3.50.



Рисунок 3.50 – Результат побудови маски

Отримана маска може бути застосована до зображень, які були отримані в інших спектральних діапазонах для виділення і подальшого аналізу морської поверхні.

На рис. 3.51 представлений загальний алгоритм створення векторних карт за даними космічних зйомок з супутників NOAA. Результатом обробки знімків є контур морської поверхні, контури виділених ділянок або градацій змін яскравості всередині ділянок.

Представлення інформації про ділянки, що цікавлять, у такому форматі дає можливість експортувати сформовані контури у ГІС-програми для накладення векторного шару на існуючі картографічні матеріали. Сформований алгоритм потребує тестування та узгодження формату представлення векторних даних.

Розроблений алгоритм первинного визначення ділянок забруднення на поверхні Чорного та Азовського морів необхідно застосовувати для виділення аномальних процесів. Важливим аспектом реалізації алгоритму є застосування даних космічної зйомки, які отримуються у реальному режимі часу. Це дозволяє оновлювати інформацію стану досліджуваних об'єктів та стану навколишнього середовища і враховувати дані метеорологічного прогнозу.

Із застосуванням даних наземних вимірів буде можливо створити алгоритм розпізнавання виділених об'єктів за їх природними та штучними дешифрувальними ознаками.

Подальшим розвитком створеної методики обробки даних ДЗЗ, отримуваних з супутників NOAA, є нарощування функціональної складової модуля з метою автоматизації процесу розпізнавання типів забруднень морської поверхні за космічними знімками. При цьому налагодження схеми обробки знімків можливо проводити на знімках низького просторового розрізнення, а визначену методику застосовувати також для знімків середнього та високого просторового розрізнення.



Рисунок 3.51 – Загальний алгоритм створення векторних карт за даними ДЗЗ з супутників NOAA

Таким чином, результатом створених методик повинні бути

векторні карті ситуації морської поверхні Чорного та Азовського морів. Представлення інформації у такому вигляді дає можливість експортувати отримані картографічні шари у ГІС-програми.

3.4. Дослідження руху хмар і просторово-часового розподілу хмарного покриву

Для визначення ділянок підстилаючої поверхні, над якими відсутні хмари, необхідно здійснювати прогноз параметрів хмарності, зокрема, висоти, форми, кольору тощо. Крім того, формування хмарності залежить від багатьох факторів, таких, як температурний режим, вологість, сила вітру та ін.

В атмосфері в результаті конденсації виникають скупчення продуктів конденсації–крапельікристалів, здужемаленькою вагою, якаврівноважується силою тертя. Існуючий в атмосфері турбулентний рух повітря призводить до того, що малі краплі і кристали тривалий час залишаються зваженими у повітрі, зміщуючись то вниз, то вгору. Такі елементи формують хмари. Хмари переносяться повітряними течіями. Якщо відносна вологість у повітрі, що містить хмари, убуває, то хмари випаровуються. За певних умов частина хмарних елементів стають крупнішими та важчими настільки, що випадають з хмари у вигляді опадів.

Тривалий час існує певний процес хмароутворення. Хмара є тільки видимою у даний момент частиною загальної маси води.

За фазовим станом хмарних елементів хмари поділяються на три класи [14]: водяні (краплинні); змішані; крижані (кристалічні).

Існує десять основних форм (видів) хмар (у дужках наведені міжнародні латинські найменування та їх скорочення) [15]: перисті – Сіггиз (Сі); перисто-купчасті – Сіггоситиция (Сс); перисто-шаруваті – Сіггоstratus (Сs); висококупчасті – Altocumulus (Ac); високошаруваті – Altostratus (As); шарувато-дощові – Nimbostratus (Ns); шарувато-купчасті – Stratocumulus (Sc); шаруваті – Stratus (St); купчасті – Cumulus (Cu); купчасто-дощові – Cumulonimbus (Cb).

Крім того, хмари поділяються на три категорії [16]: хмари верхнього ярусу (у середніх широтах висота від 6 до 13 км): перисті, перисто-шаруваті, перисто-купчасті; хмари середнього ярусу (у середніх широтах висота від 2 до 7 км): високошаруваті, висококупчасті; хмари нижнього ярусу (у середніх широтах висота від земної поверхні до 2 км): шарувато-дощові, шаруваті.

В основному хмари верхнього ярусу знаходяться у полярних широтах на висоті від 3 до 8 км, у помірних широтах – від 6 до 13 км, у тропічних широтах – від 6 до 18 км; середнього ярусу – відповідно, від 2 до 4 км, від 2 до 7 км і від 2 до 8 км; нижнього ярусу на всіх широтах – від земної поверхні до 2 км.

Хмари перисті, перисто-купчасті і перисто-шаруваті трапляються

у верхньому ярусі; висококупчасті і високошаруваті — у середньому ярусі; шарувато-купчасті, шаруваті і шарувато-дощові — у нижньому. Високошаруваті хмари часто проникають і у верхній ярус; шарувато-дощові проникають також і у вищерозміщені яруси. Основна частка купчастих і купчасто-дощових хмар майже завжди знаходиться у нижньому ярусі, але їх вершини часто проникають у середній, а купчасто-дощові хмари і у верхній ярус. Такі хмари називають хмарами вертикального розвитку, а також конвективними.

Таким чином, для підвищення точності прогнозування руху хмар на певний інтервал часу необхідно враховувати температуру у нижній частині хмари. Як було показано вище, використання результатів обробки даних з супутників NOAA дозволяє дослідити загальний температурний розподіл земної поверхні і хмар.

Для складання прогнозу переміщення хмар на наступну добу і на дватри дні вперед повинен бути у наявності: аналіз синоптичного положення біля поверхні Землі; аналіз карт баричної топографії за попередній термін спостереження; майбутні поля тиску (ізогіпси геопотенціалу); температури на одну, дві, три доби вперед, отримані в результаті чисельного інтегрування рівнянь динаміки і термодинаміки атмосфери [16]. Після цього починається складання прогнозу руху хмар для міста або території, що обслуговується. Для цього прогнозист визначає майбутнє становище циклонів, антициклонів, фронтів і повітряних мас, користуючись прогностичними полями тиску і геопотенціалу. Він оцінює можливі зміни напрямку руху хмар, ґрунтуючись на фактичних властивостях повітряних мас і фронтів, враховуючи їх подальші зміни, а також характер еволюції циклонів та антициклонів.

Таким чином, для прогнозування формування хмарності і динаміки її розвитку необхідне детальне вивчення всіх факторів, що впливають на ці процеси. Для вирішення цього завдання використовуються різні алгоритми обробки цифрових космічних знімків. Вище були описані методи (алгоритми), що реалізовані у програмі **HRPT Reader**, які дають прийнятні результати при вивченні хмарних структур.

3.4.1. Дослідження руху хмар

Для дослідження руху хмар необхідно виконати декілька етапів.

Перший етап. Зібрати архів даних знімків з супутників NOAA за необхідний період. Максимальна кількість знімків з супутників NOAA, що отримуються за добу, доходить до 10 штук. У середньому, кожні чотирип'ять годин можливо отримувати інформацію на досліджувану територію.

Під час отримання зображень з супутників NOAA записані данні (файли у форматі .dat) поповнюють архів супутникових зображень NOAA. Інформація зберігається в окремих папках з позначкою доби, місяця і року, коли було записано зображення, наприклад 05.10.2012.

Також є можливість створення архіву зображень з супутників NOAA за територіальним принципом. Тобто інформація зберігається в окремих папках з позначкою району на поверхні Землі, з якого було записано зображення, наприклад Україна.

При створенні електронного архіву даних з супутників NOAA важливо вже на етапі проектування архіву забезпечити його адекватну структуризацію, необхідну для ефективного вибору даних з архіву. Структуризація електронного архіву проводиться виходячи з уявлень про склад типових запитів архівних даних. Досвід експлуатації архівів космічної інформації показує, що користувачі, як правило, запрошують рівень представлення даних, назву супутника, з якого отримані дані, і назву приладу (сенсора), знімки з якого включені в архів. Тому при створенні архіву даних з супутників NOAA необхідно розділити його на сегменти (розділи), відповідні різним рівням представлення (обробки) даних, а в кожному з таких розділів виділити підрозділи, які містять набори даних, що відносяться до конкретного супутника і наукового приладу (сенсору).

Ефективне використання інформаційних ресурсів і відкритий доступ до просторово-розподілених даних з супутників базуються на використанні інформаційного сервісу глобальних мереж INTERNET, тобто на основі Web-технологий [18]. З цією метою розробляються системи поводження з структурами метаданих, які забезпечують збір і розподіл даних та результатів тематичної обробки. При цьому архів може об'єднуватися у регіональних центрах моніторингу за допомогою глобальної мережі INTERNET. Важливим елементом є розробка структури інтерфейсу, архівації і мережевого обміну даними з супутників NOAA. Це вимагає розвитку пошукових систем і реалізації віддаленого інтерактивного доступу зовнішніх користувачів по мережі INTERNET до даних та електронних каталогів обробки, надання користувачам можливості для інтерактивного доступу до них у режимі online.

Другий етап. Провести оцінку швидкості хмарних систем на різних стадіях їх розвитку. Швидкість переміщення основних частин хмарних систем істотно змінюється на різних стадіях їх розвитку. Швидкість передньої кромки хмарної системи менше швидкості тилової кромки на всіх стадіях розвитку системи [16]. У початковій стадії швидкість тилової кромки на 5-10 км/год більше швидкості передньої кромки. У момент формування хмарної спіралі системи найбільша швидкість у місці її найбільшого прогину. У розвиненому і оклюдованому циклоні швидше за все переміщаються північно-східна частина спіралі і голова вихору. У стадії заповнюючого циклону, коли вихрова структура зникає, швидкість передньої і тилової кромок вирівнюється. Максимальна швидкість спостерігається у перших трьох стадіях розвитку, тобто при виникненні вихору та формуванні хмарної спіралі (у момент утворення хмарної спіралі в області її найбільшого вигину відмічається швидкість 70-90 км/год). Області прискорення спостерігаються у перших двох стадіях розвитку систем у період формування хмарної спіралі [16]. У початковій стадії ці області захоплюють передню, центральну і південну частини системи, досягаючи максимальних значень (15-20 км/год) з її тилової сторони. У стадії молодого циклону абсолютні значення прискорення стають менше (6-9 км/год); область, в якій вони відзначаються, зменшується за площею і займає північно-східну частину хмарного вихору. У стадії розвиненого циклону у всіх районах циклонічного вихору швидкість у наступні 12 годин зменшується на 3-10 км/год. В оклюдованому циклоні швидкість всіх ділянок хмарної спіралі продовжує зменшуватися у середньому на 3-5 км/год. Найбільш швидко сповільнюється швидкість хмарної системи заповнюючого циклону (13-16 км/год). При цьому швидкість скоріше зменшується з передньої сторони хмарної системи, ніж з тилової.

Таким чином, швидкість хмарної системи пов'язана зі стадією її розвитку. Область прискорення існує тільки у початковій стадії розвитку циклонної хмарної системи і в молодому циклоні, в інших же стадіях хмарні системи переміщаються з уповільненням.

Третій етап. Визначити залежність швидкості хмарних систем та її окремих ділянок від траєкторії руху всієї системи. Проведений аналіз показав, що найбільша швидкість відзначається при північно-західних траєкторіях циклонів. Максимальне значення швидкості (80-100 км/год) спостерігається у голові хмарного вихору і в області найбільшої кривизни хмарної спіралі. Велика швидкість (60-80 км/год) спостерігається також уздовж всієї хмарної спіралі з її тилової сторони [16]. При західних траєкторіях циклонів голова хмарного вихору (фронт оклюзії) переміщається повільніше (30-40 км/год), ніж інші ділянки спіралі. Швидше за інші ділянки (52-58 км/год) переміщається тилова кромка спіралі, де розташований холодний фронт. При південно-західних траєкторіях циклонів північна частина хмарної спіралі рухається швидше південної. З передньої сторони північної частини спіралі і в області найбільшої кривизни швидкість становить 50-60 км/год [16].

Таким чином, швидкість переміщення окремих частин хмарної системи і положення області прискорення у хмарній системі залежать від траєкторії переміщення циклону. Якщо у напрямку переміщення циклонної хмарної системи є північна складова (південно-західні циклони), то з найбільшою швидкістю переміщається північна половина хмарного вихору, якщо ж є південна складова (північно-західні циклони), то центральна і південна частини. У хмарних системах, що переміщаються з північного заходу, область з прискоренням розташована у південній частині спіралі холодного фронту або фронту оклюзії. У західних і південно-західних циклонах невелике уповільнення (на 5-10 км/год) відбувається рівномірно у всіх частинах хмарної системи.

Четвертий етап. Дослідження атмосферних фронтів за даними

супутників NOAA. Циклони часто мають складну траєкторію і в міру розвитку циклонної хмарної системи напрямок її переміщення змінюється. Для визначення напрямку переміщення хмарної системи необхідно визначити характер руху атмосферних фронтів. Ці дослідження можна проводити за даними супутників NOAA. Використання знімків хмарного покриву для прогнозу розвитку атмосферних фронтів є дуже складним завданням, тому що не існує прямого зв'язку між хмарним полем фронту та основними параметрами, що характеризують його активність горизонтальними градієнтами температури і зрушеннями вітру [17]. Немає також строгої послідовності в еволюції фронту. Однакова за зовнішнім виглядом фронтальна хмарність може відображати різні процеси. Наприклад, поява смуги шільної перистої хмарності можлива при фронтогенезі на початковій стадії формування фронту і на стадії руйнування фронту, коли периста хмарність ще зберігається [17]. Таке ж саме можна сказати і про хмарності вертикального розвитку у тепле півріччя. Купчасто-дощові хмари можуть інтенсивно розвиватися як на фронті з невеликими контрастами температури і малими зсувами вітру, так і на фронті, добре вираженому у полі вітру і температури. З цих причин ознаки формування атмосферного фронту та його еволюцію по знімках хмарності необхідно пов'язувати з фронтогенетичними ознаками, що випливають з аналізу термобаричних полів. Хмарне поле при цьому розглядається як показник активності бароклінної зони.

Найбільш показовим для аналізу фронтів є знімки хмарності в інфрачервоному діапазоні, оскільки на них чітко видно рисунок хмар середньої і верхньої тропосфери, обумовлений полем великомасштабних рухів повітря. Знімки у видимій частині спектра мають багато деталей хмарного покрову, обумовлених локальною циркуляцією, не характерною для генерального процесу. На них важко відокремити фронтальну хмарність від внутрішньомасової.

Застосування космічних знімків з супутників NOAA дають можливість виконати грубий прогноз руху хмарних мас. При цьому необхідно враховувати напрям та швидкість вітру. На рис. 3.52, а-д наведений приклад розвитку холодного фронту хмарності над Україною, який спостерігався у жовтні 2012 року.

Як видно з аналізу знімків, наведених на рис. 3.52, а і б, 17 жовтня 2012 року західний, частина північного і частина центрального регіонів України були вкрити хмарами і замовлення космічних знімків цих територій є недоцільним, замовляти знімки можна було на східний і південний регіони України. Враховуючи напрямок і швидкість вітру, можна зробити грубий прогноз переміщення хмар над заданою територією: хмари будуть переміщуватися на схід та північ України.


а



б

Рисунок 3.52 – Розвиток холодного фронту хмарності над Україною: 17 жовтня (а, б), 18 жовтня (в, г) і 19 жовтня (д) 2012 року



в



Г

Продовження рисунку 3.52 – Розвиток холодного фронту хмарності над Україною: 17 жовтня (а, б), 18 жовтня (в, г) і 19 жовтня (д) 2012 року



Д

Закінчення рисунку 3.52 – Розвиток холодного фронту хмарності над Україною: 17 жовтня (а, б), 18 жовтня (в, г) і 19 жовтня (д) 2012 року

У наступний день 18 жовтня (див. рис. 3.52, в і г) фронт хмарності перемістився і повністю охопив північний, центральний і східний регіони України. Замовлення знімків на цю територію не дасть бажаних результатів для дистанційного зондування Землі, але у цей день західний регіон України повністю звільнився від хмар і можна проводити замовлення космічних знімків. Крім того, більша частина південного регіону України залишилася без хмар і другий день поспіль на цю територію можна замовляти знімки. На наступний день також можна зробити грубий прогноз переміщення хмар: хмари будуть переміщуватися на схід України.

На наступний день 19 жовтня (див. рис. 3.52, д) хмари повністю охопили східний регіон України, як і прогнозувалося, але хмари також охопили і південний регіон, що не прогнозувалося. Це відбулося у результаті зміни напрямку вітру і відсутності знімка з супутника NOAA після такого змінення. В результаті цього може виникнути помилка у замовленні знімків на південний регіон України.

Таким чином, аналіз знімків з супутників NOAA дає можливість прослідити динаміку розвитку циклону. Також з використанням цих знімків можна прослідити розвиток траєкторії руху хмарних мас.

П'ятий етап. Прогнозування динаміки поведінки хмарності. Прогноз

динаміки поведінки хмарності по космічних знімках необхідно проводити з використанням синоптичних і баричних карт. До прогнозу також необхідно долучати температурні дані, отримувані на етапі обробки знімків. Застосування таких матеріалів дозволяє виділити центр розвитку фронтів або циклонів для подальшого аналізу руху хмарних мас. На рис. 3.53, а-д наведений приклад карт розподілу температур холодного фронту хмарності над Україною, який спостерігався у жовтні 2012 року.

Як видно з аналізу карт розподілу температур, наведених на рис. 3.53, а і б, фронти хмарності над західним, частиною північного і частиною центрального регіонів України мали різноманітні і дуже холодні температури (чорний колір на карті), які були розосереджені на великій території. Враховуючи напрямок і швидкість вітру, а також додавши температуру хмар, можна підтвердити грубий прогноз переміщення хмар у напрямку на схід та північ України.

У наступний день 18 жовтня (див. рис. 3.53, в і г) температури хмар знизилися і виявився вихороподібний характер їх зміни. Зміна температури хмар може бути врахована у подальшому грубому прогнозі переміщення хмар на наступний день.

На наступний день 19 жовтня (див. рис. 3.53, д) розподіл температур хмар практично не змінився, але хмари більше змістилися на південний регіон. Як вже відмічалося, це відбулося у результаті зміни напрямку вітру.



а

220



Рисунок 3.53 – Карти розподілу температур холодного фронту хмарності над Україною: 17 жовтня (а, б), 18 жовтня (в, г) і 19 жовтня (д) 2012 року



Д

Закінчення рисунку 3.53 – Карти розподілу температур холодного фронту хмарності над Україною: 17 жовтня (а, б), 18 жовтня (в, г) і 19 жовтня (д) 2012 року

Таким чином, результатом обробки даних з супутників NOAA може бути відносний показник швидкості переміщення хмарних мас, при цьому необхідною характеристикою є визначення напряму цього руху. Така інформація може використовуватися як для прогнозування, так і для планування різних заходів, наприклад замовлення космічної зйомки оптичного діапазону.

3.4.2. Аналіз розподілу хмарного покриву

Кількість хмар характеризують ступенем покриття хмарами тієї чи іншої ділянки земної поверхні та визначають відношенням у відсотках (%) площі, зайнятої хмарними елементами у середині контуру, до всієї площі, обмеженої контуром. Розрізняють чотири градації:

- ясно, хмари повністю відсутні або ними вкрито менше 20 % виділеного контуру (рис. 3.54);

– невелика хмарність, хмарами покрите від 20 до 50 % виділеного контуру (рис. 3.55);

– значна хмарність, хмарами покрите від 50 до 80 % виділеного контуру (рис. 3.56);

– суцільна хмарність, хмарами покрите більше 80 % площі, обмеженої контуром (рис. 3.57).



Рисунок 3.54 – Ясно над територією України, 2 жовтня 2012 року



Рисунок 3.55 – Невелика хмарність над територією України, 17 жовтня 2012 року



Рисунок 3.56 – Значна хмарність над територією України, 13 листопада 2012 року



Рисунок 3.57 – Суцільна хмарність над територією України, 1 листопада 2012 року

Аналіз зображень, наведених на рис. 3.54 – рис. 3.57, показує, що візуально визначити відсоток площі, яка зайнята хмарними елементами у середині контуру, можна тільки приблизно.

Таким чином, для точного визначення відсотку площі, зайнятої хмарами, необхідно створити спеціальну програму. Наступним етапом дослідження динаміки руху хмарності може бути створення векторних карт контурів хмар. Таке подання даних більш зручно для архівації результуючих карт. Обов'язковою умовою при цьому є виконання прив'язки космічних знімків.

3.5. Космічний моніторинг підтоплення земель

Проблема підтоплення земель в Україні за своїм значенням може класифікуватися як соціально-економічна та екологічна. Такий її статус визначає актуальність розробки ефективних технологій моніторингу підтоплення земель на регіональному рівні, що можуть забезпечити достовірною інформацією про його просторово-часові параметри органи місцевої влади. 3.5.1. Інформативність супутникових знімків у завданнях моніторингу підтоплення земель

Основними показниками, що дозволяють оцінити фактори підтоплення земель, є:

- альбедо (відбите випромінювання) поверхневих вод;

- альбедо перезволожених грунтів;

- альбедо снігу;

- нормалізований вегетаційний індекс;

- власне теплове випромінювання перезволожених ґрунтів;

- власне теплове випромінювання поверхневих вод;

- власне теплове випромінювання хмарності;

- мікрохвильове альбедо перезволожених грунтів;

- власне мікрохвильове випромінювання снігу;

- мікрохвильове альбедо снігу.

Фізика процесу взаємодії різних типів електромагнітних випромінювань з поверхнею підтоплених територій створює різноманіття образів об'єкта спостережень, що значно підвищує інформативність космічних знімків і полегшує оператору вирішення задачі. Тому для моніторингу факторів підтоплення земель доцільно залучати космічні знімки, отримані у трьох діапазонах електромагнітних хвиль:

 оптичному, де використовуються відбивні характеристики об'єктів підстилаючої поверхні;

– тепловому (далекому інфрачервоному), де використовуються випромінювальні характеристики об'єктів підстилаючої поверхні, залежні від їх термодинамічної температури. У далекому інфрачервоному діапазоні (3...1000 мкм) рекомендується використання двох вузьких смуг (3-5 мкм) і (8-4 мкм). Однією з переваг використання ІЧ діапазону є можливість отримання нічних знімків об'єктів, що істотно розширює інформативні можливості знімків у задачах, пов'язаних з ідентифікацією перезволожених і підтоплених земель. До недоліків ІЧ діапазону під час рішення локальних задач варто віднести більш низьке у порівнянні з оптичним діапазоном просторове розрізнення;

– мікрохвильовому, де використовуються властивості діелектричної проникності об'єктів поверхні підтоплених територій, які описуються математичними чотирикомпонентними рефракційними моделями: сухий матеріал – вільна вода – зв'язана вода – повітря. В ультракороткохвильовому діапазоні радіохвиль (1 мм ... 10 м) є відносно широка смуга від 2 см до 10 м, в якій рекомендується використовувати короткохвильову частину (до 1 м), названу надвисокочастотним діапазоном (НВЧ діапазоном). 3.5.2. Формування зображень підтоплених територій на космічних знімках

Яскравісні характеристики космічних знімків ґрунту залежать не тільки від його складу. Яскравість в оптичній області рівномірно убуває за зростання вологості поверхневого шару ґрунту від гігроскопічної до повної вологоємності. У ближній ІЧ області також відзначається зниження яскравості за зростання вологості ґрунту у зв'язку з поглинанням випромінювання в характерних для води смугах поглинання. Аналогічний ефект, більш контрастний, спостерігається на знімках, отриманих у середньому ІЧ діапазоні. Позначений ефект добре виявляється за наступних явищ:

- під час зрошування земель;

- після випадання дощів;

- під час ґрунтових перезволоженнь.

Альбедо поверхневих вод в оптичному діапазоні вкрай низьке. Тому поверхневі води як наслідок процесів підтоплення територій під час комплексної оцінки дуже легко виявляються на знімках по темних тонах. Особливо помітні акваторії і місця затоплень у середньому ІЧ діапазоні. Це дає можливість надійно ідентифікувати затоплення поверхневими водами подових знижень.

Одним з інформативних об'єктів підтоплених територій підстилаючої поверхні, свого роду біоіндикатором, є рослинний покров: культурний і дикоростучий. Основний внесок у формування яскравісних характеристик на космічному знімку суцільного рослинного покрову вносить відбиття і поглинання світла листям. Найбільш істотними факторами, що визначають спектральну залежність відбиття світла є поглинання світла пігментами і водою. У видимому діапазоні головну роль грає поглинання світла хлорофілом, що має дві головні смуги поглинання 430 450 нм і 640 ... 660 нм. У ближньому ІЧ діапазоні основну роль грає поглинання світла водою, що міститься у листі. Смуги поглинання водою у ближньому ІЧ діапазоні приходяться на наступні довжини хвиль: 960 і 1100 нм (більш слабкі); у середньому ІЧ діапазоні: 1,4; 1,9; і 2,7 мкм (більш сильні). При зменшенні вмісту води у листі збільшується яскравість на знімку у смугах поглинання ближнього ІЧ діапазону. Це збільшення яскравості особливо помітно при вологовмісті листя менше ніж 80 %. В оптичному діапазоні такої залежності не виявлено. У спектральному інтервалі 800 ... 1100 нм яскравість рослинного покрову на знімку зростає при збільшенні числа шарів листя, тобто, чим більше величина проективного покриття ґрунту, тим яскравіше виглядає рослинний покров на космічному знімку у смузі 800 ... 1100 нм. Проективне

покриття грунту найкраще відображається на синтезованих знімках, отриманих у різних смугах випромінювання оптичного діапазону. Для цієї операції найбільш придатними є смуги: 640 ... 660 нм і 800 ... 1100 нм. В результаті синтезу виходить так званий показник – вегетаційний індекс.

Аналіз рослинного покрову у задачах контролю підтоплення земель необхідний для:

- визначення територій, де проводиться зрошення;

 визначення на зрошуваних полях аномальних зон зниженої біопродуктивності, пов'язаних з процесами підтоплення і перезволоження земель;

– визначення ділянок дикоростучої вологолюбної рослинності у перезволожених місцях підвищеної фільтрації у приканальних зонах, а також у місцях вклинення або близького залягання ґрунтових вод на сільськогосподарських полях (мочаристь ґрунту).

Сніг як один з факторів підтоплення земель у зимово-весняний період має в оптичному діапазоні найвище з усіх об'єктів альбедо. Яскравість снігу зменшується при збільшенні його вологості. Цю властивість рекомендується враховувати при визначенні засніжених територій і прогнозу термінів танення снігу. Для того, щоб не переплутати на знімках сніг з хмарами, рекомендується використання при зйомках також каналів середнього ІЧ діапазону 1,55-1,75 мкм і 2,10-2,35 мкм, у яких яскравість снігу дуже низька.

Яскравість власного теплового випромінювання на космічних знімках грунту в IЧ діапазоні в основному залежить від вологості ґрунту та його температури. Залежність яскравості від вологості ґрунту аналогічна розглянутій вище залежності у ближньому IЧ діапазоні, але тільки з більш динамічною і контрастною зміною при збільшенні вологості, у вигляді більш високих показників поглинання випромінювання водою у розглянутому спектральному інтервалі: чим вологіше, тим темніше. Такі явища добре спостерігаються під час поливів, на перезволожених ґрунтах та затопленні поверхневими водами подових знижень.

Залежність яскравості власного теплового випромінювання від термодинамічної температури виявляється на знімках усіх теплових приладів за принципом: чим тепліше, тим яскравіше. Тільки на метеорологічних супутниках NOAA цей принцип виконується навпаки. Такі явища добре спостерігаються і розрізняються у різний час доби (вдень і вночі) і для грунтів з різним характером поверхні:

- на поораній поверхні поля;

- на ґрунтах з рослинним покровом.

У денний час у діапазоні 3 ... 5 мкм відбите сонячне і власне теплове випромінювання ґрунту знаходяться у близьких співвідношеннях, що може

вносити значні завади в інтерпретацію яскравісних характеристик знімка. Тому у діапазоні 3 ... 5 мкм рекомендується проводити зйомку вночі. У цей час на знімку дуже добре відображаються місця перезволожень ґрунту, особливо пов'язані з витоками води з гідромереж.

У цілому з аналізу розподілу енергії по довжинах хвиль за різних температур природних і штучних об'єктів земної поверхні, коефіцієнтів прозорості атмосфери і спектральної чутливості сучасних селективних фотоелектричних приймачів ІЧ випромінювання можна зробити висновок, що при контролі термальних режимів нагрітих тіл та об'єктів (вище + 40°C) переважніше використання області спектральної чутливості 3-5 мкм. Якщо ж об'єктом контролю є невеликі контрасти на холодних тілах (менше + 40°C), то приймач з довгохвильовою областю чутливості (8-13 мкм) дає значно кращі результати. Тому влітку рекомендується користатися смугою 3-5 мкм, а взимку – 8-13 мкм. Найбільш сприятливими для контролю об'єктів з власною аномальною температурою є ранковий і вечірній інверсійні періоди нівельованого температурного поля. Однак у зв'язку з їх невеликою тривалістю варто використовувати умови слабкого сонячного нагрівання, наприклад, похмурий день, ясний день, пізньою осінню та взимку.

Для акваторій на підтоплених територіях нагрівання та охолодження поверхні визначається високою ефективною інерцією води. Такі об'єкти в температурному полі власного теплового випромінювання різко контрастують на тлі прилягаючої території вночі, як дуже теплі, а вдень – як холодні.

НВЧ діапазон використовується у космічних зйомках по двох основних принципах: реєстрація власного випромінювання, так звана НВЧ радіометрія та активна радіолокація.

До цього часу більшість НВЧ приладів, встановлених на супутниках, дозволяють одержувати знімки з достатньо малим просторовим розрізненням, сотні метрів. Такі знімки можуть характеризувати тільки дуже великі перезволожені регіони, типу великих болотистих місцевостей.

Найбільш перспективними мікрохвильовими приладами є активні локатори. Величина яскравісних характеристик космічних знімків ґрунту в мікрохвильовому діапазоні (мікрохвильове альбедо) в основному залежить від вологості ґрунту та його шорсткості. Вологі ґрунти виглядають на знімках більш світлими, чим сухі. Поорані ґрунти також більш світлі, чим незорані. Моніторингові спостереження легко дозволяють визначити ту чи іншу природу яскравості ґрунтів на знімку.

Глибина проникнення мікрохвильового випромінювання у ґрунт, а, як наслідок, товщина шару, що формує відбитий потік випромінювання, збільшується із зменшенням вологості ґрунтів і зі збільшенням довжини хвилі. Розміщення на космічному апараті групи випромінюючих радіолокаторів з різною довжиною хвилі випромінювання дозволяє робити пошарове (аналогічно томографа) зондування вологовмісту у ґрунті. Максимальна глибина проникнення радіохвиль під поверхню ґрунту характерна для сухих піщаних ґрунтів. Активна локація дозволяє дуже чітко виділити ґрунти, зволожені недавніми атмосферними опадами або штучними поливами. Основними показниками, що впливають на відбивні радіолокаційні властивості снігу, є його вологість і водяний еквівалент. Сухий сніг на радіолокаційних знімках виглядає більш темним, чим сніг підталий. Цю властивість рекомендується враховувати при визначенні засніжених територій і термінів танення снігу. Моніторинг снігового покриву варто здійснювати за допомогою радіолокаційних зйомок, тому що проведенню цих спостережень не заважає атмосферна хмарність.

Поряд с тим, на супутниках NOAA розміщене обладнання, що дозволяє отримувати інформацію тільки в оптичному та інфрачервоному діапазонах, тому у подальшому розглянемо можливість використання космічних знімків з супутників NOAA у цих діапазонах для моніторингу підтоплення земель.

3.5.3. Визначення зон поверхневого затоплення подів за допомогою космічних знімків

До тематичного аналізу були залучені березневі 2005 року знімки з космічних апаратів NOAA (рис. 3.58), а також знімки з супутників NOAA за період січень - червень 2003 року.



Поверхневе затоплення подових низин у Херсонській області

Рисунок 3.58 – Знімок з супутника NOAA, 4 канал, 01.03.2005

На рис. 3.59 наведений графік динаміки площі затоплення Іванівського поду і величини вегетаційного індексу (проективного покриття ґрунту рослинністю), осередненого по площі поду.



Рисунок 3.59 – Динаміка затоплення Іванівського поду у 2003 і 2005 роках

Як видно з графіка, по цих двох показниках період найбільшого затоплення у 2005 році спостерігався на початку березня. Відповідно, площа затоплення подів по всій Херсонській області була полічена на цей термін. Результати розрахунків наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Площа затоплення подів Херсонської області по адміністративних районах на 1 березня 2005 року

Адміністративний район	Площа затоплення, га
Каховський	5400
Чаплінській	2000
Новотроїцький	7500
Іванівський	6600
Великолепетихський	1900
Нижньосерогозський	900
Нововоронцовський,	2700
Великоолександрівський,	
Високопільський	

Генічеський	500
Разом	26200

При дешифруванні знімків з супутників NOAA (рис. 3.60 і рис. 3.61) з 13 січня по 25 червня 2003 року була ідентифікована динаміка площі затоплення Іванівського поду і величини вегетаційного індексу, осередненого по площі поду. Як видно з графіка (див. рис. 3.59), по цих двох показниках період найбільшого затоплення у 2003 році спостерігався у першій декаді квітня. Відповідно, площа затоплення подів по всій Херсонській області була визначена на цей термін. Результати розрахунків наведені у табл. 3.2.



Рисунок 3.60 – Поверхневе затоплення подових низин у Херсонській області, знімок з супутника NOAA, 3 канал, 13.01.2003



Рисунок 3.61 – Поверхневе затоплення подових низин у Херсонській області, знімок з супутника NOAA, 4 канал, 05.05.2003

Таблиця 3.2 – Площа затоплення подів Херсонської області по адміністративних районах на 11 квітня 2003 року

Адміністративний район	Площа затоплення, га
Каховський	6800
Чаплінській	1700
Новотроїцький	5000
Іванівський	16400
Великолепетихський	2800
Нижньосерогозський	1200
Разом	33900

Таким чином, за допомогою космічних знімків з супутників NOAA можна здійснювати моніторинг підтоплення земель.

Для контролю за перезволоженням і підтопленням земель також можна застосовувати метод космобіоіндикації. Суть даного методу у завданнях контролю перезволоження земель полягає у використанні залежності стану рослинного покрову від ступеня перезволоження і підтоплення земель. Засоби космічного моніторингу стану рослинності у таких умовах обумовлюють можливість отримання непрямих оцінок процесів перезволоження і підтоплення земель. Об'єктами рослинного покриву (космобіоіндикаційними полігонами) у цьому методі можуть бути: масиви неораних мочаристих ґрунтів та великі поди. За допомогою космічних знімків з супутників NOAA розраховуються вегетаційні індекси територій, що досліджуються.

На рис. 3.62 за допомогою вегетаційного індексу показана багаторічна динаміка біомаси рослинного покрову на Іванівському поді. На початку року, в період інтенсивного затоплення подів, рослинність, як правило, не відображається на знімках, або має низькі значення вегетаційного індексу.



Рисунок 3.62 – Відображення даних за характерний період затоплення подів

За даними графіка (див. рис. 3.62) можна оцінити ступінь зволоження у виділеному періоді затоплення для кожного року. Розглядаючи цей показник, можна стверджувати, що за період з 1999 по 2005 роки найбільші масштаби зимово-весняного затоплення у Херсонській області відбувалися у 2003 році (ряд спостережень – «Дуже вологий»). У 2005 році спостерігався підвищений ступень зволоження (ряд спостережень – «Вологий»).

Таким чином, маючи ряд космобіоіндикаційних спостережень, можна оцінювати ступінь несприятливості поточних метеорологічних умов для процесів підтоплення земель у регіоні.

Крім того, за результатами космічних зйомок у Херсонській області виявлена дуже цікава зона підтоплення земель (зона підземної фільтрації). Її особливість полягає у тому, що підтоплення земель у цій зоні пов'язано не з антропогенною діяльністю, а з історичними змінами руслової діяльності Дніпра. Ця зона бере початок від Каховської гідроелектростанції і, як би продовжуючи попередній напрямок плину сучасного Дніпра, обривається на узбережжі Каркінітської затоки.

На зображенні, представленому на рис. 3.63, видно, що осьова лінія цієї зони цілком збігається з трасою плину древнього русла Дніпра. Це перша ознака, яка пояснює одну з головних причин перезволоження земель у цій зоні, що дуже часто відзначається на теплових космічних знімках.



Підземна фільтрація по древньому руслу Дніпра

Розвантаження підземних вод у море

Рисунок 3.63 – Підтоплення земель Херсонської області, знімок з супутника NOAA, 4 канал, 06.05.2003

Також необхідно зазначити, що Краснознаменська зрошувальна система і Північно-Кримський магістральний канал зі своєї сторони додатково вносять свій внесок у це явище. Другою ознакою, що характеризує наявність могутнього підземного фільтраційного потоку у виявленій на космічних знімках зоні, є розвантаження підземних вод у Каркінітській затоці. Наявність такого розвантаження проявляється у тепловій аномалії в її північній прибережній зоні, що постійно виявляються на космічних теплових знімках. Найбільш наглядно ця аномалія спостерігається на космічних знімках весною та восени.

На рис. 3.64 приведений знімок частини Чорного моря з Каркінітською затокою в інфрачервоному діапазоні, який був отриманий на станції прийому знімків із супутника NOAA 16 (5 канал) 23 квітня 2012 року о 09 год. 27 хв. З аналізу знімка з супутника NOAA видно, що вздовж узбережжя Каркінітської затоки температура водної поверхні на 3-4°C вище (темніші ділянки на знімку) у порівнянні з середньою температурою води у Чорному морі (близько +8°C).



Рисунок 3.64 – Знімок з супутника NOAA в інфрачервоному діапазоні (5 канал), 23.04.2012, 09 год. 27 хв.

На рис. 3.65 наведена карта розподілу температур водної поверхні, яка була побудована за допомогою спеціалізованої програми HRPT Reader за позначення Warm, на основі знімка з супутника NOAA 16 (5 канал) 23 квітня 2012 року о 09 год. 27 хв.

На рис. 3.65 також видно, що температура водної поверхні на узбережжі Каркінітської затоки більше середньої температури води у Чорному морі (світло-зелений колір на карті у затоці у порівнянні з синім і малиновим кольорами на карті у Чорному морі).



Рисунок 3.65 – Карта розподілу температур водної поверхні, яка отримана за допомогою вкладки SST, під час вибору позначки Warm

Таким чином, за допомогою космічних знімків з супутників NOAA можна здійснювати моніторинг підтоплення земель, а також з використанням космобіоіндикаційних спостережень можна оцінювати ступінь несприятливості поточних метеорологічних умов для процесів підтоплення земель у регіоні. Крім того, використання знімків з супутників NOAA дозволяє проводити аналіз зон підтоплення земель, що виникають за рахунок підземного фільтраційного потоку (досліджувати зони підземної фільтрації).

3.6. Моніторинг снігового покрову

Спостереження за динамікою снігового покрову є важливим компонентом комплексного моніторингу клімату та екосистем. За допомогою космічних знімків, зроблених у зимовий період, можна відстежувати межі розповсюдження снігового покрову на великих територіях. Повторні знімки створюють умови для вивчення динаміки зміни снігових площ. Наявність снігу на відкритих безлісих ділянках визначається з великою достовірністю і точністю. При дешифруванні снігового покрову лісових територій доводиться орієнтуватися на засніженість відкритих майданчиків: болота, вирубок, озер.

Оперативне картографування снігового покрову і швидкість відступання його меж у весняний період традиційно використовуються для вирішення практичних завдань, перш за все, для гідрологічних прогнозів. Засобами гідрологічного моделювання визначається водозапас, здійснюється прогноз стоку, снігової повені у басейнах річок. Ряд параметрів для цього можна отримати дистанційними методами. Це площа басейну річки, покрита снігом, лісистість, розораність та ін. Деякі параметри можна оцінити опосередковано. Наприклад, зони, охоплені сніготаненням, виявляються у ближньому інфрачервоному діапазоні спектра, а потужність сніжного покрову розраховується по ряду послідовних знімків, швидкості просування меж снігонакопичення і температурі повітря [54]. Оперативні дані про снігонакопичення басейнів річок є основою для ухвалення рішень, наприклад, про частковий спуск водосховищ у період весняного сніготанення для запобігання паводкам.

Сніговий покров грає важливу роль у функціонуванні екосистем. Він впливає на клімат, рельєф, гідрологічні і почвоутворювальні процеси, життя рослин і тварин [55]. Особливо велика роль снігового покрову у круговороті води у природі. Снігове живлення займає значне місце у річковому стоці територій, на яких формується сніговий покров. Він визначає величину річного стоку, рівень весняної повені, льодовий режим річок, інтенсивність нальодних і лавинних процесів, річний баланс льодовиків.

Різноманітна роль снігового покрову у житті рослин і тварин. Він змінює термічний і водний режим місця існування рослин, безпосередньо механічно впливає на них. Сніговий покров оберігає їх від вимерзання і вітрового висушування у зимовий період. Разом з тим, він може сприяти випріванню рослин. Від запасу води у сніговому покрові залежить весняне зволоження ґрунтів і, отже, продуктивність рослин. Сніговий покров сприяє розвитку життєвих форм рослин, впливає на видову різноманітність і співвідношення екологічних типів рослин на тій або іншій території.

3.6.1. Ідентифікація снігового покрову на космічних знімках

Проводити аналіз стану і динаміки снігового покрову на підстилаючій поверхні можна за допомого знімків з супутників NOAA. Подальший розгляд такого аналізу будемо проводити на прикладі знімків території України з супутників NOAA, які приймалися у грудні 2012 року станцією прийому знімків, що розташована в Національному аерокосмічному університеті "XAI". Дослідження проводилися за допомогою спеціалізованої програми HRPT Reader.

Синтезований знімок з супутника NOAA 16 (1 канал – червоний колір, 2 – зелений і 4 – синій), одержаний 11 грудня 2012 року о 09 год. 47 хв., на якому можна спостерігати західну та центральну частину України, наведено на рис. 3.66. Знімок відображено у вікні вкладки User спеціалізованої програми **HRPT Reader**. Як видно на рис. 3.66, у цей час над центральною частиною України спостерігалася хмарність, а на заході її не було. На рисунку також видно, що сніговий покров був у Прикарпатті, але на такому синтезованому зображенні сніг і хмари мають синій відтінок. Розділити сніг і хмари можна тільки за рахунок невеликого жовтого кольору, який притаманний снігу, тобто використання такого синтезованого зображення для спостереження за сніговим покровом не зовсім зручно. Змінивши комбінацію каналів при формуванні синтезованого зображення, кольорові відтінки снігового покрову будуть також змінювати, але якість виділення снігу не покращується.



Рисунок 3.66 – Синтезований знімок з супутника NOAA (1, 2, 4 канали), 11.12.2012, 09 год. 47 хв.



Рисунок 3.67 – Вигляд обробленого зображення алгоритмом Snow (3a) (11.12.2012, 09 год. 47 хв.)

Як зазначалося вище (п. 2.3.1), в спеціалізованій програмі HRPT Reader

є алгоритм підняття контрасту снігового покрову. При виборі позначки **Snow** (3a) у вкладці NOAA вихідне зображення обробляється цим алгоритмом, як це показано на рис. 3.67.

Як видно на рис. 3.67, сніг на зображенні відображається світлішими відтінками у порівнянні з підстилаючою поверхнею, але загальний фон зображення стає зеленого кольору. Крім того, якість виділення снігу на фоні хмар не покращується. Розділення снігу і хмар відбувається так саме як і при аналізі синтезованого знімка у вікні вкладки **User** спеціалізованої програми **HRPT Reader**, тільки на зеленому фоні, а не на синьому (див. рис. 3.66).

Найбільш близький до натуральних кольорів сніг набуває при виборі вкладки **False color** спеціалізованої програми **HRPT Reader**, як це показано на рис. 3.68 (супутник NOAA 16, 11.12.2012, 09.47).



Рисунок 3.68 – Синтезований знімок з супутника NOAA при виборі вкладки False color, 11.12.2012, 09 год. 47 хв.

На рис. 3.68 видно, що сніг на зображенні відображається білим кольором, земна поверхня без снігу – чорним, а колір хмар стає рожевим. Таке кольорове представлення дозволяє впевнено виділити сніговий покров на фоні хмар, а також проаналізувати територію, не вкриту снігом.

Таким чином, для візуального дешифрування снігового покрову доцільно використовувати вкладку False color спеціалізованої програми HRPT Reader, в якій кольори снігу і підстильної поверхні більш схожі на натуральні.

Крім прямих дешифрувальних ознак наявності снігового покрову також можна використовувати опосередковані, наприклад, індекс вегетації (NDVI). Карта індексів NDVI для території, що зображена на рис. 3.68, показана на рис. 3.69, побудована при виборі вкладки Vegetation з позначкою Add colour. Як зазначалося вище (п. 2.3.1), ступінь червоного кольору характеризує рівень індексу NDVI (більш насичений колір відповідає більшому індексу NDVI).



Рисунок 3.69 – Карта розподілу індексу NDVI території, що зображена на рис. 3.68

Як видно на рис. 3.69, найбільший індекс NDVI визначений у Карпатських горах, де снігу у цей час було найменше (див. рис.3.68), а найменші значення індексу NDVI зафіксовані на території, яка вкрита снігом, тобто земна поверхня без снігу має більший індекс NDVI. Крім того, використання індексу NDVI як опосередкованої ознаки виділення снігового покрову дозволяє відрізнити забруднений сніг від відкритого ґрунту.

Також для виділення (ідентифікації) снігового покрову можна використовувати карти розподілу температур земної поверхні, побудовані на основі знімків з супутників NOAA. На рис. 3.70 наведена карта розподілу температур території, що зображена на рис. 3.68, при виборі вкладки Тетperature спеціалізованої програми **HRPT Reader**.

Як видно на рис. 3.70, 11 грудня 2012 року над центральною частиною України була хмарність та її температура змінювалася у широких межах.

Найнижчі температури у межах -42 ... -56 °С (чорний колір на карті) спостерігалися у центральній частині хмарності протягом з півночі на південь. На границях хмарності температура коливалася від -25 °С до -35 °С (малиновий колір на карті). На карті температур також добре виділяються ділянки земної поверхні, вкриті снігом (градації синього кольору на карті), при цьому температура знаходиться у межах -15 ... -20 °С і без снігу (градації світло-блакитного кольору), за температури підстильної поверхні від -5 °С до -10 °С. Також необхідно зазначити, що на вершинах гір температура була нижче

-10 °C, а по берегах річок і на схилах гір спостерігалися вищі температури у порівнянні з сніговим покровом.



Рисунок 3.70 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 11.12.2012



Рисунок 3.71 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, при виборі меж температур, що відображаються, від 0 до -23 °C, 11.12.2012

Вище зазначалося, що у вікні **Temperature** спеціалізованої програми **HRPT Reader** можна у ручному режимі вибирати діапазон температур, який буде відображатися на зображенні, позначивши **User range**. Карта розподілу температур земної поверхні території України, при виборі меж температур, що відображаються, від 0 до -23 °C показана на рис. 3.71.

На рис. 3.71 видно, що хмарність на карті температур відображається сірим кольором, тобто видаляється з аналізу. Поверхня без снігу зображується зеленим кольором, а сніговий покров залишається синього кольору, тобто виділення снігового покрову проводиться більш чітко. Нижня межа температур -23 °C вибрана для підкреслення границі снігового покрову і хмар, яка на рис. 3.71 показана малиновим кольором.

Також за допомогою карт розподілу температур земної поверхні можна аналізувати різницю температур снігового покрову і за цією ознакою проводити розділення снігового покрову за структурою.

На рис. 3.72 наведено синтезований знімок з супутника NOAA 16 при виборі вкладки False color спеціалізованої програми HRPT Reader, одержаний 19 грудня 2012 року о 08 год. 10 хв., на якому можна спостерігати центральну і східну частину України. Як видно з рисунку, структура снігового покрову на території України відрізняється.



Рисунок 3.72 – Синтезований знімок з супутника NOAA при виборі вкладки False color, 19.12.2012, 08 год. 10 хв.

На рис. 3.73 наведена карта розподілу температур території, що зображена на рис. 3.72, при виборі вкладки Тетрегаture спеціалізованої

програми HRPT Reader.



Рисунок 3.73 – Карта розподілу температур земної поверхні території України, 19.12.2012

Як видно на рис. 3.73, температура снігового покрову на території, що досліджується, змінюється з півночі на південь, а зміна температуро має смугову структуру, при цьому ширина смуг з різною температурою відрізняється (різні градації синього і світло-блакитного кольорів на карті). Найнижчі температури були у північно-східній частині України (синій і малиновий кольори на карті, температуров -19 ... -21 °C). Далі на схід спостерігається вузька смуга з температурою близько -17 °C (темноблакитний колір на карті). Наступні три смуги (приблизно однакової ширини) мають температуру, відповідно, близько -15 °C, -14 °C і -13 °C, тобто відрізнялися на один градус. За ними йдуть ще дві вузькі смуги з різницею температур в один градус – близько -12 °C і -11 °C, а далі велика область з температурою -9 °C (світло-блакитний колір на карті). Далі на південь спостерігається зворотна картина зменшення температур, але смугова структура не зберігається.

Таким чином, за допомогою побудованих карт розподілу температур є можливість аналізу температурної ситуації на досліджуваній території і за цією ознакою дозволяє розділити сніговий покров і хмари, а також розділити земні поверхні, вкрити снігом і без снігу. Крім того, за картою температур можна досліджувати зміну структури снігового покрову.

3.6.2. Моніторинг снігового покрову з використанням нормалізованого диференціального снігового індексу

Нормалізований диференціальний сніговий індекс (NDSI) дозволяє

ефективно відрізняти на знімку сніг від інших об'єктів. NDSI – це відносна величина, що характеризується відмінністю відбивної здатності снігу у червоному (Ч) і короткохвильовому інфрачервоному (КІЧ) діапазонах [56]

NDSI = (Y - KIY)/(Y + KIY). (3.24)

Цей індекс використовується для виділення територій, покритих снігом, для яких NDSI > 0,4.

Для обробки даних ДЗЗ використовується широкий спектр програмного забезпечення, наприклад ERDAS IMAGINE, PHOTOMOD, ENVI та ін.

Кращі результати виділення снігового покрову на знімках супутників NOAA одержуються при застосуванні програмного продукту ERDAS IM-AGINE [57], який є растровим графічним редактором і призначений для обробки даних дистанційного зондування. Продукт призначений для роботи з растровими даними. Він дозволяє обробляти, виводити на екран монітора і готувати для подальшої обробки у програмних застосуваннях ГИС різні картографічні зображення.

Розглянемо можливість виділення снігового покрову на знімках супутників NOAA за допомогою програмного продукту ERDAS IMAGINE. Вихідне зображення для аналізу наведено на рис. 3.74.

Для розрахунку нормалізованого диференціального снігового індексу (NDSI) використовувався спеціальний об'єктно-орієнтований графічний редактор алгоритмів **Model Maker** [57], який входить до складу програмного продукту ERDAS IMAGINE.



Рисунок 3.74 – Вихідне зображення снігового покрову

У спеціальному об'єктно-орієнтованому графічному редакторові алгоритмів **Model Maker** була створена модель, яка складалася з наступних елементів: блока вхідних даних, блока математичних перетворень, блока вихідних даних і зв'язку між ними (рис. 3.75).



Рисунок 3.75 – Вікно редактора алгоритмів Model Maker

У блоці математичних перетворень, згідно (3.24), розраховувався індекс NDSI. З урахуванням довжин хвиль у кожному каналі радіометра AVHRR, формула набуває вигляду

NDSI = 255(канал 3 – канал 5)/(канал 3 + канал 5). (3.25)

Оскільки індекс NDSI для територій з сніговим покровом більше 0,4, то у блоці математичних перетворень необхідно провести порівняння з 40 % від 255 градацій кольору (102).

Результатом роботи моделі є зображення снігу (рис. 3.76, б), що відображає наявність згідно значенням індексу у кожній точці.

Оскільки проводиться моніторинг наявності снігового покрову по чотирьох знімках, створена модель використовується по черзі для кожного з них. Отже, в результаті використання моделі було отримано чотири зображення, що відображають наявність або відсутність снігу у кожній точці, подібно до рис. 3.76.

При ідентифікації сніжного покрову актуальним є завдання розділення меж хмарності і снігу. Багатоканальність приладу AVHRR дозволяє виділити області, покриті снігом і хмарами, розділяючи їх в термальному каналі по градаціях температур. Для ідентифікації хмар використовуються дані 3-го, 4-го і 5-го каналів приладу AVHRR, а для ідентифікації снігу – 1-й, 2-й, 3-й і 4-й канали. Різниця між результатами цих двох алгоритмів показує територію розповсюдження снігу.



Рисунок 3.76 – Порівняння даних вхідного і вихідного блоків: вихідний знімок (а); результат роботи моделі (б)

За допомогою програмного продукту **ArcMap** були створені і підготовлені до друку карти снігового покриву Донецької області. Дані, отримані в результаті використання об'єктно-орієнтованої моделі, були завантажені в **ArcMap**. Далі була додана картографічна основа (шари «Адміністративне ділення», «Обласні центри», «Гідрографія») та елементи карти (координатна сітка, масштаб, напрям на північ, підписи, легенда та ін.). Результати моніторингу відображені на рис. 3.77.

Таким чином, спостереження задинамікою снігового покрову є важливим компонентом комплексного моніторингу клімату та екосистем. За допомогою космічних знімків, зроблених у зимовий період, і розробленої моделі можна відстежувати межі розповсюдження снігового покрову на великих територіях. Оперативне картографування снігового покрову і швидкість відступання його меж у весняний період традиційно використовуються для вирішення практичних завдань, перш за все, для гідрологічних прогнозів. Повторні знімки створюють умови для вивчення динаміки зміни сніжних площ. Наявність снігу на відкритих безлісих ділянках визначається з великою достовірністю і точністю. Для вирішення поставленого завдання застосовувався спеціальний об'єктно-орієнтований графічний редактор алгоритмів **Model Maker**. З його допомогою була створена модель, яка проводить розрахунок нормалізованого диференціального снігового індексу (NDSI).



Рисунок 3.77 – Просторовий розподіл снігового покрову за 19 січня 2011 р. (а), 7 лютого 2011 р. (б), 13 березня 2011 р. (в)

3.6.3. Детектування «гарячих точок» - потенційних пожеж

Більшість надзвичайних ситуацій визначаються, як об'єкти з високою витратою енергії (атомні і теплові електростанції, системи міського і промислового теплопостачання, нафтогазові промисли, металургійні підприємства), а також високоенергетичні явища (землетруси, лісові та інші пожежі) є потенційно небезпечними як з позицій безпосередньої безпеки населення, так і з позицій забруднення навколишнього середовища.

Всі ці об'єкти та явища характеризуються підвищеною тепловіддачею в навколишнє середовище, отже, мають підвищену інтенсивність довгохвильового випромінювання. Це відкриває можливість широкого застосування методів ДЗЗ, які використовують ІЧ діапазон електромагнітних хвиль для моніторингу цих об'єктів.

Міжнародний та національний досвід свідчить про високу ефективність методів космічного моніторингу навколишнього середовища, сільського господарства, промисловості, Міністерства Надзвичайних Ситуацій (МНС), Державної Прикордонної служби (ДПС) і Міністерства екології та природних ресурсів України [58 - 61].

Згідно Законів України "Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року" від 21.12.2010 №2818-VI та "Про загальнодержавну цільову програму захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2013-2017 роки" від 7 червня 2012 року № 4909-VI одними з основних принципів національної екологічної політики є відповідальність органів виконавчої влади за доступність, своєчасність отримання і достовірність екологічної інформації [60, 61]. Одна з її складових має відношення до охорони лісового фонду від пожеж. Відомо три підходи до моніторингу цих явищ: космічний, авіаційний і наземний. При цьому території, підлеглі космічному моніторингу, розділяють на два типи. До першого відносяться території, на яких можливе наземне виявлення для уточнення даних космічного моніторингу. До другого відносяться важкодоступні території, моніторинг лісових пожеж на яких здійснюється виключно за даними космічних зйомок.

Дані космічного моніторингу діляться на дві групи:

– оперативні дані (результат детектування температурних аномалій за даними приладів AVHRR, MODIS), похибка яких має високу залежність від характеру горіння та стану атмосфери;

– уточнені дані (виявлення змін за даними високого просторового розрізнення), які надходять і обробляються з затримкою до 10 днів.

Оперативне детектування «гарячих точок» проводиться автоматично на основі супутникових знімків, отриманих з кожного сеансу прийому даних.

На сьогоднішній день одними з найбільш доступних даних ДЗЗ для моніторингу лісових пожеж є інформація з приладу AVHRR, який встановлено на супутниках серії NOAA [62].

За даними AVHRR дешифрування джерел пожеж здійснюється в автоматизованому режимі, використовуючи характеристики яскравості температурних каналів, виходячи з того, що максимум потоку випромінювання чорного тіла, нагрітого до температури 800-1000 К, припадає на середню інфрачервону область електромагнітного спектра з довжиною хвилі 3-4 мкм. Виходячи з характеристик апаратури AVHRR як основної ознаки для розпізнавання теплової аномалії приймаються дані третього каналу, що працює в діапазоні 3.55-3.93 мкм. Завдяки високій інтенсивності випромінювання в середньому ІЧ діапазоні і високого радіометричного розрізнення апаратури можливе визначення температурних аномалій природного та техногенного характеру набагато менших розмірів. В ідеальних умовах спостереження при максимальному контрасті в 3-му і 4-му каналах апаратури AVHRR існує можливість виявлення пожеж з площею 0.2-0.3 га. Це було встановлено в 1991 році, а потім неодноразово

перевірено експериментальним шляхом [63].

Для визначення пожеж з використанням цих даних необхідна система, що складається з станції прийому, станції нормалізації даних (попередньої обробки та візуалізації) та автоматизованого робочого місця з тематичного оброблення знімків.

Нормалізація супутникових даних включає в себе географічну прив'язку та калібрування вимірювань. Географічна прив'язка, як правило, проводиться по телеграмах з орбітальними даними одного з двох стандартних форматів: TBUS або NORAD TLE, що регулярно випускаються і розсилаються NASA (http://celestrak.com/NORAD/archives/; http://celestrak.com/NORAD/elements/ noaa.txt). В телеграмах NASA (NORAD TLE) надається інформація про шість орбітальних елементів або шість кеплерівських елементів орбіти. В телеграмах TBUS надаються три координати і три складові вектора швидкості супутника [64]:

NOAA 19 [+] 1 33591U 09005A 13031.62648007 .00000078 00000-0 43294-4 0 6747 2 33591 98.8895 334.8606 0014937 95.5396 264.7965 14.11451716205233

Починаючи з 16 серії NOAA в приладі AVHRR канал 3 є комбінованим, він може здійснювати виміри як в IЧ (канал 3B), так і у видимому (канал 3A) діапазонах спектру. Для моніторингу пожеж ця обставина є дуже суттєвою. Перемикання між видимим каналом 3A та інфрачервоним 3B відбуваються в залежності від часу доби. Одночасно на Землю передаються вимірювання тільки п'яти каналів, з яких дані можуть бути як в IЧ, так і у видимому діапазоні. Таким чином виникає необхідність ідентифікації 3-го каналу і отримання на виході для кожної лінії сканування значення калібрувальних коефіцієнтів, враховуючи його режим роботи [65].

Визначення типу каналу ЗА або ЗВ виконусться після розрахунків калібрувальних коефіцієнтів і робиться у відповідності з описом формату HRPT за значенням молодшого біта в ідентифікаторі блоку в даних HRPT. Значення молодшого біта, рівне 1, відповідає каналу ЗА; значення молодшого біта, рівне 0 - каналу ЗВ. Якщо вимірювання проводиться каналом ЗВ, то всі калібрувальні коефіцієнти записуються звичайним чином, якщо ж вимірювання зроблені каналом ЗА, то для нього в якості калібрувальних коефіцієнтів у вихідний проміжний файл записуються спеціально підібрані сталі, що розраховуються, як і для інших видимих каналів, а саме, першого і другого, за формулою (3.15). В лівій частині стоїть значення альбедо відповідного і-го каналу в %, а в правій – наступні змінні: G - коефіцієнт нахилу. J - коефіцієнт перетинання, X - сигнал приладу в діапазоні від 0 до 1000. Для останніх версій приладу AVHRR є поділ за рівнем сигналу від 0 до 500 і від 501 до 1000. Для каналів 1 і 2 першому інтервалу відповідають значення альбедо 0 - 25%, другому – 26 - 100%. Для каналу ЗА, відповідно, 0 - 12,5% і 12,6 - 100%. Для діапазону значень кожного каналу є сталі значення G i J [65]. Раніше у видимих каналах 1 і 2 розшарування за рівнем сигналу не було, але також використовувалися константи. Оскільки в модулі первинної обробки не проводиться калібрування оптичних каналів 1 і 2, то необхідні зміни виконуються у програмі вторинної обробки. Для кожного значення пікселя визначається, якому рівню сигналу він відповідає (низькому або високому), потім значення множаться на коефіцієнти, що відповідають номеру каналу і рівню сигнала [62].

Калібрування IЧ каналів 3В, 4 і 5 також виконується за формулою (3.4). Для цих каналів калібрувальні коефіцієнти розраховуються для кожної лінії сканування досить складним чином із залученням додаткових бортових вимірювань (рис.3.78).

Перед запуском супутника здійснюється калібрування в температурній вакуумній камері для імітації умов космічного простору. Радіометр послідовно розглядає три чорних тіла: холодне, з температурою 95 К, що імітує випромінювання з космосу; зовнішнє лабораторне чорне тіло (ЛЧТ) в якості Землі; внутрішнє джерело тепла (ВДТ) в якості внутрішньої калібрувальної цілі.

Внутрішня та зовнішня температури вимірюються платиновим терморезистором для кожного температурного каналу та результати фіксуються лічильником (10-бітним значенням). В наслідок схема приладу спрацьовує таким чином, що при зменшенні вхідного значення випромінення вихідне –збільшується. При тестуванні ЛЧТ нагрівають у діапазоні температур від 180 К до 335К, яка охоплює весь діапазон температур Землі. За результатами вимірів розраховуються певні калібрувальні коефіцієнти.

На орбіті AVHRR знімає три різних цілі. Спочатку знімаються 10 значень випромінювання з космосу, потім по одному значенню для кожного з 2048 пікселів зображення Землі та, нарешті, 10 значень ВДТ. Використання цих цілей дозволяє здійснити калібрування AVHRR та призначити своє значення випромінення кожному пікселю зображення Землі.

Для визначення калібрувальних коефіцієнтів для термічних каналів 3В, 4 і 5 використовують формули (3.4-3.14), що являють собою досить складні обчислення і виконуються повністю у відповідності з вказівками в Керівництві користувача [65].

Надалі автоматичні процедури обробки проводять аналіз кожного супутникового зображення в інфрачервоних діапазонах спектру за спеціальними алгоритмами (3.26-3.28). В результаті їх роботи виділяються пікселі (точки) зображення, в яких визначається висока температура на поверхні Землі. Ці пікселі називаються «гарячими точками». Результати виявлення «гарячих точок» в кожному сеансі (дата, час, координати точки) заносяться в базу даних і використовуються в подальшій автоматичній обробці для спостереження динаміки пожеж. Додатковим джерелом «гарячих точок» є процедури ручної корекції. Ручна корекція дозволяє додати в базу даних «гарячі точки», які візуалізуються оператором при ручному аналізі знімків у видимому спектрі, що були пропущені автоматичними процедурами виявлення в ІЧ діапазоні спектру.



Рисунок 3.78 – Послідовність калібрування температурного каналу AVHRR

Присутність джерела горіння у видимому спектрі визначається за наявністю основної дешифрувальної ознаки лісових пожеж – димового. За формою на знімку вогнище нагадує конус світло-сірого кольору. Слід пам'ятати, що периста і шарувата хмарність за своєю структурою і яскравістю можуть нагадувати димові шлейфи лісових пожеж (рис. 3.79). Тому ті частини знімків видимого спектру, де попередньо виявлена лісова пожежа, проглядаються в інфрачервоному діапазоні спектру.

У цьому випадку шлейфи диму від лісових пожеж практично не проглядаються [63]. Додані оператором «гарячі точки» надходять у загальний потік автоматичної обробки супутникових даних і надалі використовуються нарівні з автоматично визначеними «гарячими точками» в динаміці пожеж.

Для виділення осередків пожеж за допомогою «порогового» або
«контекстуального» алгоритмів на попередньому етапі вся інформація повинна бути відкалібрована. Це означає, що для першого і другого каналів апаратури AVHRR необхідно одержати значення альбедо A1 та A2 відповідно, а для третього, четвертого і п'ятого каналів – значення еквівалентної радіаційної температури T3, T4 і T5.

Використання в пороговому алгоритмі тільки одного третього каналу (один поріг) призводить до виникнення великої кількості помилкових тривог. Це пов'язано, насамперед, з відбиванням енергії сонячного випромінювання межею хмар (найбільше число помилкових тривог), водною поверхнею, піском, відкритими гірськими породами, асфальтовими покриттями і бетонними спорудами. Щоб не допустити помилок, використовуються дані інших спектральних каналів.



Рисунок 3.79 – Димовий шлейф в оптичному (а) та інфрачервоному діапазонах (б)

Найбільш відомі порогові алгоритми виділення осередків пожеж є: – Алгоритм Кауфмана (1991 рік):

T3>316.T3-T4>10,T4>250,

де Т3, Т4, Т5 – радіо-яскравістна температура в третьому, четвертому і п'ятому каналах апаратури AVHRR відповідно.

– Алгоритм Франса (1993 рік):

T3>320, T3-T4>15, 0<(T3-T4)<5. A1>9%, (3.27)

де А1 – значення альбедо в першому каналі.

– Алгоритм Кеннеді (1994 рік):

T3>320,T3-T4>10,A2<16%

(3.28)

(3.30)

де А2 – значення альбедо в другому каналі [63].

Якщо елемент розрізнення задовольняє умовам алгоритму, то він відноситься до класу пожеж; якщо ж не задовольняє хоча б одній з цих умов, до фону.

Усі ці алгоритми орієнтовані на осередки пожеж достатньо великої площі і інтенсивності, що для вирішення завдань виявлення пожежної обстановки є неприйнятним, оскільки з метою мінімізації матеріальних витрат на ліквідацію джерела загоряння важливо виявляти пожежі в початковій ступені їх розвитку. Крім того, дані алгоритми неможливо використовувати для виявлення наявності перегрітого торфу в торфовищах [63]. Авторами був розроблений наступний контекстуальний алгоритм визначення осередків пожеж за даними AVHRR (рис. 3.80).

За основу прийнятий пороговий алгоритм Кауфмана (3.27) з «плаваючими» порогами. Додатково враховуються кут Сонця та кут зеніту. З метою застосування умов, визначених для території України та в межах 300 км біля неї, до розгляду приймаються «гарячі точки», що відповідають певній території.

Хмарність є непрозорим середовищем для ІЧ діапазону спектра. Таким чином, надалі здійснюється виключення пікселів хмарності з подальшого аналізу. Визначення хмарності здійснюється за умовами стандарту SHARP-2 ЕКА:

«Хмарність», якщо A(2)/A(1) > 0.9 & A(2)/A(1) < 1,1&T4 < 294 K (3.29)

«Хмарність», якщо Т4 < 249 К

«Хмарність», якщо Т4-Т2 > 274 К & Т4 < 290 К [63, 68]. (3.31)

Наступним кроком з розгляду виключається водна поверхня, яка визначається за показником NDVI.

Подальший розгляд характеристик виявлених вогнищ і прилеглого до них фону (хмари, водна поверхня, температура поверхні, наявність димових шлейфів) дозволяє визначити вірогідність відповідності дійсній пожежі [67]. На рисунку 3.81 представлено відбір найбільш вірогідних пожеж.

Визначені таким чином осередки пожеж імпортуються в ГІС і

накладаються на карту (рис.3.82). Після цього визначаються точні координати вогнищ та їх географічне місце положення (область, район, відстань до найближчого населеного пункту та географічні координати), що ілюструється в табл. 3.3. Дана методика була перевірена в пожежонебезпечний сезон 2011-2012 рр. на території України.

Були отримані підтвердження про час і місце пожеж. Все це дозволяє дійти висновку про високу ефективність описаної вище методики. Хоча у неї є і недоліки: великий час обробки супутникових даних в порівнянні з існуючими пороговими алгоритмами, згаданими раніше.



Рисунок 3.80 – Алгоритм визначення пожеж за даними AVHRR



a



Продовження рис. 3.81 на стор 257



В



г Закінчення рис. 3.81 на стор 258



Д

Рисунок 3.81 – Відбір найбільш вірогідних пожеж: «гарячі точки» за алгоритмом Кауфмана (а), «гарячі точки» після врахування кута Сонця та зеніту (б), «гарячі точки» на території України та в зоні 300 км (в), «гарячі точки» з вірогідністю визначення осередку пожежі після виключення наявності в фоні хмарності (г), «гарячі точки» з вірогідністю визначення осередку пожежі поверхні (д).

Специфіка виявлення «гарячих точок» за даними з супутників полягає в тому, що просторовий дозвіл (розмір точки) супутникового знімка складає приблизно від 1×1 км (всередині смуги спостереження) до 2×4 км (в точці на краю смуги спостереження супутника). Незважаючи на це, супутникові прилади (MODIS, AVHRR) та алгоритми обробки даних дозволяють виявити області горіння, значно менші за площею. Однак похибка визначення координат точки горіння, природно, може досягати розміру пікселя зображення (у рідких випадках помилка до 2 - 4 км). Було перевірено, що помилка в координатах не перевищує цих цифр [66]. Особливістю даних із супутників NOAA є слабка перешкодозахищеність і, як наслідок, велика кількість перешкод на знімках. Це призводить до того, що на знімках автоматично виявляється велика кількість «гарячих точок» там, де реального горіння немає (а є перешкоди) [66]. З цієї причини дані про пожежі із супутників NOAA раніше використовувалися лише в ілюстративних цілях. Застосування розробленого алгоритму дозволили використання отриманої інформації в автоматичному аналізі динаміки пожеж. Таким чином інформація супутників NOAA значно наблизилася до даних з супутників TERRA і AQUA.



Рисунок 3.82 – Тематична карта пожеж за даними AVHRR

Таблиця 3.3 – Точні координати вогнищ та їх географічне місце положення

№ п/п	Країна	Область	Район	Населений пункт	широта	довгота	Ймовірність
1	Росія				51.22	34.69	Середня
2	Росія				51.23	34.70	Середня
3	Росія				51.61	36.35	Висока
4	Росія				51.62	36.36	Висока
5	Росія				51.63	36.33	Середня
6	Росія				53.37	33.85	Середня

7	Росія				53.38	33.83	Середня
8	Україна	Херсонська	Цюрупинський	Кринки	46.75	33.12	Висока
9	Україна	Кіровоградська	Олександрійський	Михайлівка	48.57	33.53	Середня
10	Україна	Кіровоградська	Олександрійський	Михайлівка	48.57	33.50	Висока
11	Україна	Кіровоградська	Онуфріївський	Омельник	48.86	33.35	Середня
12	Україна	Житомирська	Попільнянський	Ставище	49.94	29.72	Висока
13	Україна	Житомирська	Попільнянський	Ставище	49.94	29.70	Висока
14	Україна	Житомирська	Андрушівський	Великі Мошківці	50.04	28.86	Середня
15	Україна	Львівська	Сокальський	Варяж	50.51	24.09	Середня
16	Україна	Львівська	Сокальський	Шихтарі	50.60	24.16	Висока
17	Україна	Волинська	Іваничівський	Заставне	50.60	24.26	Висока
18	Україна	Волинська	Іваничівський	Заставне	50.60	24.25	Середня
19	Україна	Чернігівська	Носівський	Григорівка	50.76	31.84	Середня

На сьогоднішній день в Україні організацію оперативного оброблення супутникових даних, їх збереження і надання результатів здійснюються в Центрі прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля (м. Дунаївці). У Центрі створена система тематичної обробки знімків NOAA на основі технології, описаної вище.

Для збереження і роботи з результатами обробки супутникових даних ведеться два типи баз даних (БД): БД результатів детектування пожеж і БД кінцевих інформаційних продуктів. Ці БД ведуться на основі інформації, отриманої при обробці даних AVHRR та MODIS.

У 2008 році було створено WEB-сторінку http://dzz.gov.ua/CPOSI/ style/ page_2/templer_page2_ua.php?id=1&table=text_monitoring&tabl=archive_ anomal&papka=teplov_anomal, що дозволяє виставляти для користувачів результати обробки даних приладів AVHRR та MODIS. Приклад однієї з таких сторінок наведено на рис.3.83.



Рисунок 3.83 – Визначення теплових аномалій (пожеж)

Завдяки цим даним користувач може здійснювати статистичний аналіз інформації. На даний момент існує можливість доступу до інформації за будь-який період поточного пожежонебезпечного сезону. У системі є також інформаційний шар з накопиченою інформацією про всі пожежі з початку пожежонебезпечного сезону.

4. ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ГЕОПОРТАЛУ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ АРХІВУ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ СУПУТНИКІВ NOAA

4.1. Основи організації каталогізації даних ДЗЗ

Ефективність використання космічних знімків у різних областях багато у чому визначається тим, наскільки вдало забезпечений доступ споживачів до архівів супутникових зображень. Ця проблема вирішується за допомогою електронних каталогів, які автоматизують процеси занесення інформації у базу даних (БД) і пошуку необхідних зображень.

Основними інформаційними компонентами електронних каталогів є стиснуті зображення земної поверхні і метадані, що включають відомості про супутники, відеодатчики, спектральні діапазони, час зйомки та географічний район. Під час формування зображень промениста енергія від поверхні Землі поступає на вхід відеодатчика, де вона розділяється на цілком визначені спектральні діапазони і перетворюється у цифрові відеодані, які по каналу зв'язку передаються на наземні центри прийому. Відеоінформація поступає у центр прийому даних за кожного оберту супутника навколо Землі (приблизно через кожні 2-4 години). Об'єм інформації ДДЗ, що поступає за один сеанс прийому, може перевищувати 5-6 Гбайт, а протягом року вони можуть досягати 14-16 Тбайт.

Традиційно, архіви даних ДЗЗ розробляються як самостійні системи. Інформація у них зберігається на однакових носіях за єдиними правилами незалежно від потенційних областей їх використання надалі.

Архів цифрових зображень територій різних регіонів України повинен створюватися як частина національної системи космічного моніторингу, тому при його проектуванні повинні бути використані технології, направлені на підвищення ефективності використання архівної інформації при рішенні прикладних задач моніторингу навколишнього середовища.

При організації архіву повинна враховуватися необхідність синхронізації двох інформаційних потоків, у кожному з яких присутня регулярна і випадкова складова.

Вхідний потік узагальненої супутникової інформації складається з:

 даних ДЗЗ, прийом яких здійснюється регулярно згідно розкладу видачі інформації супутниками, для вирішення завдань моніторингу навколишнього середовища;

– даних ДЗЗ, отриманих у ході сеансів, по разових заявках користувачів на прицільну зйомку територій.

Заявки на пошук та отримання даних з архіву можна розділити на:

– регулярні, пов'язані з рішенням конкретних задач моніторингу, у певні моменти часу;

- випадкові заявки, що поступають від користувачів, у довільні моменти

часу.

Для ефективного управління архівом необхідно враховувати параметри обох процесів. Головне визначити компроміс між швидкістю/вартістю доступу до даних і витратами на їх зберігання. Тому в основу архітектури архіву закладається концепція ієрархічної організації рівнів зберігання даних з урахуванням вартості носіїв інформації, частоти звернення і витрат на обслуговування запитів.

Створення системи управління архівом цифрових зображень є трудомістким завданням, яке характеризується великим об'ємом інформації, що переробляється, складністю алгоритмів передархівної обробки, використанням апаратних і програмних засобів захисту даних віл несанкціонованого використання, застосуванням різноманітних програмних і технічних засобів стиснення, зберігання, каталогізації, пошуку і розповсюдження даних.

Одним з ключових елементів будь-якої системи ДЗЗ, структура якої показана на рис. 4.1, є інформаційна система прийому, обробки і розповсюдження даних, що виконує наступні завдання:

- отримання (прийом) даних з супутників;
- проведення первинної обробки даних;
- організація архівів даних;
- проведення спеціалізованої (тематичною) обробки;
- організація доставки даних споживачам.



Рисунок 4.1 – Основні елементи системи прийому, обробки і розповсюдження даних ДЗЗ

Конкретна архітектура цих систем визначається типом супутника ДЗЗ. Основним завданням є доставка даних і результатів їх обробки споживачам. Від ефективності рішення цієї задачі залежить ефективність роботи всієї системи супутникового дистанційного зондування. Основними елементи цієї системи є космічний сегмент з великою кількістю супутників ДЗЗ і наземний сегмент. Розглянемо основні елементи цієї системи.

Космічний сегмент. Існує велика кількість супутників дистанційного зондування Землі, які можна класифікувати по наступних категоріях:

– за типом зйомки: панхроматичні; спектрозональні; гіперспектральні; радарні; лідарні;

- за просторовим розрізненням (масштабу): метеорологічні системи, що мають низьке розрізнення (1 км); природоресурсні системи середнього розрізнення (сотні метрів); природоресурсні системи високого розрізнення (десятки метрів); системи надвисокого розрізнення (десятки сантиметрів).

Наземний сегмент. У даний час існує дві схеми організації системи прийому і передачі даних ДЗЗ. Перша заснована на організації прийому даних у декількох спеціалізованих центрах прийому, їх обробці і доставці віддаленим споживачам. Недоліком тут до останнього часу були труднощі, пов'язані з організацією робіт з віддаленими користувачами, що істотно обмежувало можливості цієї схеми. У другій схемі локальні приймальні станції встановлюються безпосередньо у споживача супутникової інформації, що, на перший погляд, повинно зняти багато проблем з доставкою даних кінцевим споживачам, але у зв'язку з високою вартістю обладнання і ліцензій у даний час ця система також не є поширеною.

Але на практиці схема, коли всі отримувані та оброблювані локальною станцією дані використовуються тільки її власником, майже не використовується. Як правило, локальні станції утримуються регіональними центрами з метою використання супутникової інформації для вирішення цілого спектра завдань, тому при їх використанні відразу виникають практично ті ж самі проблеми, що і у великих спеціалізованих центрів прийому, обробки і розповсюдження даних.

Перша проблема – це необхідність створення центрів обробки даних, здатних одночасно вирішувати декілька практичних задач.

Друга – організація доставки супутникових даних і результатів їх обробки кінцевим споживачам. При цьому одним з основних завдань таких центрів стає доставка результатів обробки кінцевим, в основному, віддаленим споживачам. Таким чином, при використанні локальних станцій реалізується, хоч і в обмеженому вигляді, схема з централізованим прийомом, обробкою і розповсюдженням даних.

Виключно великі об'єми інформації, що отримуються у даний час від засобів ДЗЗ, і високий темп її надходження обумовлюють необхідність створення інформаційних систем для обробки, каталогізації та архівації відеоданих, що поступають. Одним з основних елементів інформаційної системи з обробки даних ДЗЗ є система каталогізації космічної інформації.

Головними функціями цієї системи є попередня обробка супутникових зображень, заповнення бази даних електронного каталогу і забезпечення доступу користувачів до даних, що зберігаються.

У даний час не існує загальних форматів зберігання і розповсюдження продуктів початкових рівнів обробки, що пояснюється унікальністю супутників, комплектів знімальної апаратури і режимів зйомки.

Зараз кожен оператор використовує власні формати зберігання. Світові компанії-оператори систем ДЗЗ, зазвичай, рекомендують відповідності їх номенклатурі вихідних продуктів і форматів зберігання даних, що забезпечує стандартизацію зберігання і розповсюдження результатів ДЗЗ споживачами даних.

У табл. 4.1 представлені приклади форматів зберігання даних, що використовуються різними компаніями-операторами систем ДЗЗ.

Таблиця 4.1 – Формати зберігання даних, які використовуються різними компаніями-операторами систем ДЗЗ

Тип супутника	Сенсор	Формат	Формат	
		метаданих	зображення	
Terra, Aqua	MODIS	HDF	HDF	
SPOT-4	HRVIR MONO, HRVIR	XML	TIFF	
	XS			
Resourcesat (IRS-P6)	LISS-III	Fast Format	Fast Format	
EROS A, EROS B	PAN	*.PASS file	TIFF	
NOAA	AVHRR	HDF	HDF	
Quickbird-2	BHRC-60	XML	GEOTIFF	
Landsat 7	ETM+	Fast Format	GEOTIFF	
Landsat 5	ТМ	Fast Format	GEOTIFF	

Аналіз даних у таблиці показує різноманітність, властиву обмінним форматам зберігання даних ДЗЗ. Ця різноманітність викликає ряд проблем на різних етапах роботи з даними. Закордонні і національні органи стандартизації активно працюють над термінологічними питаннями зберігання даних ДЗЗ і питаннями надання цих даних користувачам.

Зараз не існує єдиного стандарту і підходу до надання користувачеві метаданих про супутникові знімки. Це приводить до виникнення проблеми сумісності програмного забезпечення для роботи з даними ДЗЗ. Строга стандартизація змісту метаданих дасть можливість їх застосування в автоматичних системах обробки супутникової інформації.

Оскільки процес отримання космічної інформації має багатоступеневу структуру, то перш ніж ця інформація використовуватиметься споживачем, необхідно визначити рівні обробки, яку пройшли матеріали космічних зйомок. Залежно від конкретного рівня обробки потрібно чітко представляти властивості і зміст наданих даних для організації технологічних процесів отримання з них необхідної інформації споживачем.

Завдяки узгодженому зусиллю основних світових космічних агентств

з розповсюдження даних ДЗЗ вдалося стандартизувати підходи до рівнів обробки матеріалів космічних зйомок, що надаються ними. Під егідою заснованого в 1984 році Комітету з супутникових спостережень Землі (Committee on Earth Observation Satellites – CEOS) 28 космічних агентств прийняли єдиний набір рівнів обробки матеріалів космічних зйомок [1].

В рамках цієї класифікації рівень обробки знімка варіюється від необроблених даних телеметрії з супутника (рівень L0) до результатів моделювання з використанням даних ДЗЗ (рівень L4).

Завдання визначення універсального растрового формату і формату метаданих даних ДЗЗ під час формування матеріалів космічних зйомок при їх наданні користувачам дуже актуальне і сьогодні.

Основна складність полягає у великій кількості різних застосувань (програмне забезпечення, що працює з растровими зображеннями, підтримує більше 50 різних форматів). Боротьба з різними форматами сильно знижує сумісність застосувань і вимагає великих технічних знань як постачальників даних, так і їх споживачів.

Аналіз вимог, що пред'являються до сучасних систем каталогізації даних ДЗЗ, дозволив визначити її основні вузли і зв'язки між ними, представивши їх у вигляді узагальненої схеми, як показано на рис. 4.2.



Рисунок 4.2 – Узагальнена схема системи електронної каталогізації даних ДЗЗ

Підсистема попередньої обробки виконує наступні основні функції:

- декомунікацію початкового файл-потоку;

- вхідний контроль якості даних, що поступають;

- просторово-часову прив'язку (геоприв'язку);

- корекцію яскравості даних;

- підготовку метаданих і оглядових зображень ДЗЗ, що каталогізуються.

Підсистема формування БД і забезпечення доступу до електронного каталогу вирішує наступні задачі:

- початкове заповнення і постійний супровід довідкової інформації, необхідної для повноцінного опису даних, що зберігаються;

- занесення оглядових зображень і метаданих, що описують їх, в електронний каталог;

- забезпечення функцій пошуку, вибору і замовлення даних користувачами;

- доступ до каталогу супутникових даних авторизованих користувачів через локальну мережу за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення з робочого місця оператора і загальний доступ територіально віддалених користувачів через мережу INTERNET;

- забезпечення довготривалого зберігання каталожних даних та відновлення структури і змісту електронного каталогу у разі їх пошкодження;

- забезпечення механізмів автоматичного обміну каталожними даними між пунктами прийому та обробки інформації за допомогою обміну даними.

Дані ДЗЗ реєструються в електронному каталозі. При цьому у базу даних каталогу заносяться метадані, які містять інформацію по кожному прийнятому сеансу. Реєстрація метаданих у каталозі проводиться один раз після прийому і передархівної обробки космічних знімків.

4.2. Організаційна структура метаданих

Стандарти – одна з ключових складових інфраструктури просторових даних (ІПД). Вони задають мову і правила взаємодії учасників, без яких ця взаємодія неможлива. Для ІПД та її користувачів актуальні наступні міжнародні системи стандартів [2]:

1. Міжнародної організації з стандартизації (ISO).

2. Консорціуму відкритих геопросторових систем (Open Geospatial Consortium, OGC).

Міжнародна організація з стандартизації ISO є офіційною міжурядовою

організацією, стандарти якої спрямовані на забезпечення міжнародної співпраці і скорочення технічних бар'єрів (політичні, соціальні та ін. – поза її компетенцією). Членами ISO є національні органи стандартизації країнучасниць. Використання стандартів ISO є обов'язковим для країн-членів Всесвітньої торгової організації, в яку вже вступила і Україна.

В області геоінформатики стандарти ISO створюються Технічним комітетом 211 (ISO/TC211) "Географічна інформація/Геоматіка". Всі стандарти цього напряму об'єднані у загальну серію під назвою ISO 19100 (деякі з них до цього мали інші номери). Зараз у цій серії 43 "номерних" проекти (191101 – 19143), серед яких 27 діючих міжнародних стандартів та офіційних звітів, інші – у розробці, за винятком декількох скасованих проектів (тому в нумерації є пропуски) [2].

Треба відзначити, що стандарти ISO є необхідною, але не достатньою основою для побудови ІПД та її частин. Вони описують концепції геоінформатики, але не описують методи кодування інформації, структуру даних і протоколи взаємодії. Вони визначають загальні принципи, а не конкретні рішення. Можна сказати, що вони визначають, що треба робити, а не як робити. Другу задачу вирішують стандарти реалізації, у розробці яких найбільшого успіху досяг консорціум відкритих геоінформаційних систем OGC, специфікації якого визнані ISO.

Відкритий геопросторовий консорціум, раніше ЩО називався Консорціумом відкритих ГІС (OPENGIS Consortium), є недержавною створеною некомерційною організацією. провідними компаніямипрограмного забезпечення розробниками та апаратури В області геоінформатики і дистанційного зондування [2]. Багато конкуруючих компаній (ESRI, Intergraph, MapInfo та ін.) об'єднали свої зусилля у ньому з метою досягнення сумісності своїх розробок. Ця сумісність необхідна для вільного обміну геоінформацією і створення стандартного середовища взаємодії програмного забезпечення (ПЗ) геоінформаційних систем (ГІС) різних розробників. Відповідно, основне завдання ОGС – розробка технічних вимог (специфікацій) до програмних систем, що забезпечують можливості взаємодії.

Стандартом ISO 19115 визначений конкретний набір елементів метаданих. Як основа для формування профілю визначений базовий набір елементів, необхідний для основного документування географічних даних, які показані на рис. 4.3.



Рисунок 4.3 – Узагальнена структура метаданих

Метадані надають мінімальний об'єм інформації, необхідний для розуміння природи і змісту описуваного набору даних: інформація про метадані; інформація про дані; інформація про спосіб отримання даних; інформація про систему координат; інформація про походження даних.

Доповнюючи базовий набір метаданих іншими елементами, забезпечується необхідний ступінь деталізації залежно від вирішуваної задачі.

Процес підготовки метаданих специфічний для кожного типу даних, що викликане різноманітністю властивостей як самої супутникової інформації, так і програм її обробки. Для створення ефективних систем електронної каталогізації даних ДЗЗ необхідна:

- оцінка якості зображень, що каталогізуються (визначення рівня імпульсних завад, збійних рядків і хмарного покриття на зображеннях);

- поліпшення якості зображень (корекція імпульсних і смугових завад,

об'єктно-адаптивне контрастування зображень);

- координатна прив'язка супутникових даних, отриманих від різнотипових датчиків.

На підставі аналізу параметрів знімків, які отримані з супутників NOAA, було визначено структуру метаданих на етапі первинної обробки даних ДЗЗ при формуванні архіву даних супутника NOAA, яка відображена у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Структура метаданих при формуванні архіву даних ДЗЗ з супутника NOAA

	Джерело отримання даних	
	Дата зйомки	
	Розрізнення знімка	
	Спектральні піддіапазони	
Первинні метадані космічних	Об'єм початкових даних	
знімків з супутника NOAA	Адреса зберігання початкових даних	
	Векторне відображення зони покриття	
	Елементи зовнішнього орієнтування	
	Стиснення зображення	
	Відсоток хмарного покриття	

Наведена структура метаданих знімків у подальшому реалізується у вигляді реляційної БД при формуванні архіву даних з супутників NOAA, який інтегровано у геопортал.

4.3. Основи створення геопорталу

4.3.1. Структура програмно-технологічних платформ геопорталів

Геопортал – це інноваційна і комунікаційна інформаційна платформа для геоданих, інформації і геосервісів. Портали об'єднують різні канали комунікацій в одному місці, надаючи розгорнений контекст і загальне представлення всієї інформації.

Мета геопорталу – створення інструменту сучасної інформаційнотехнічної інфраструктури з візуалізацією і розподіленою обробкою даних про Землю для розвитку науково-дослідницької, проектно-пізнавальної діяльності і вирішення складних інформаційно-аналітичних завдань на базі геоінформаційних технологій. Основне завдання геопорталу – організація і підтримка розподілених просторових даних за допомогою будь-якого Web-браузера, тобто надання інтегруючого інтерфейсу для доступу до різнорідних масивів інформації.

Друга половина 1990-х років стала часом народження нових технологій управління даними і мережі INTERNET. За останні 20 років енергійно удосконалювалися і розвивалися програмні платформи для створення порталів і сайтів [3-5]. Успішне функціонування геопорталу багато у чому залежить від правильності вибору програмно-технологічної платформи, яка, у свою чергу, визначає первинні вимоги до апаратної платформи порталу.

Програмно-технологічні платформи забезпечують взаємодію розподілених вузлів порталу у локальній або глобальній мережі – це є основою функціонування різних видів геопорталів. Схема організації розподіленого геоінформаційного порталу наведена на рис. 4.4.



Рисунок 4.4 – Схема організації розподіленого геоінформаційного порталу

Web-додаток – клієнт-серверний додаток, в якому клієнтом виступає браузер, а сервером – Web-сервер.

Логіка Web-додатку розподілена між сервером і клієнтом, зберігання даних здійснюється переважно на сервері, обмін інформацією відбувається по мережі. Однією з переваг такого підходу є той факт, що клієнти не залежать від конкретної операційної системи користувача, тому Webдодатки є міжплатформними сервісами. Такі Internet-додатки стали широко популярними наприкінці 1990-х – початку 2000-х років [3-6].

Істотна перевага побудови Web-додатків для підтримки стандартних функцій браузера полягає у тому, що функції повинні виконуватися

незалежно від операційної системи даного клієнта. Замість того щоб писати різні версії для Windows, Mac, OS, GNU/Linux та інших операційних систем, Web-додаток створюється один раз для довільно вибраної платформи і на ній розгортається.

Схема взаємодії складових геопорталу представлена на рис. 4.5.



Рисунок 4.5 - Схема взаємодії складових геопорталу

Архітектура порталу складається з ядра системи і набору компонентів, що забезпечують основну функціональність геопорталу. Основними компонентами програмно-технологічних Interten-платформ геопорталу є:

CMS (англ. Content Management System) – це комп'ютерна програма або система, що використовується для забезпечення та організації сумісного процесу створення, редагування та управління текстовими і мультимедійними документами (вмістом або контентом), тобто система управління сайтом або система управління вмістом (контентом).

СМF (англ. Content Management Framework) – це інструментарій для створення систем управління вмістом і Web-додатками, тобто середовище для створення Web-додатків.

4.3.2. Базовий набір служб-компонент геопорталу

Програмно-технологічна платформа геопорталу будь-якого типу повинна включати і забезпечувати деякий необхідний базовий набір служб-компонент геопорталу [5].

Розглянемо призначення базового набору служб-компонент геопорталу, наведених на рис. 4.6. Він повинен включати п'ять основних компонентів:

- компонент служб представлення;

- компонент служб, призначених для користувача;
- компонент управління інформацією;
- компонент адаптерів порталу;
- компонент Web-інфраструктури.

Компонент служб представлення. Служби представлення (див. рис. 4.6) дозволяють користувачеві управляти видом призначеного для користувача інтерфейсу порталу, а порталу – динамічно пристосовувати представлення контенту і систему навігації до можливостей пристрою, через який здійснюється доступ до порталу.

Підтримуються два різновиди інтерфейсу, який може використовувати користувач: голосовий інтерфейс (на другому етапі розробки) та інтерфейс даних. Серед пристроїв, через які можна підключатися до порталу, повинні бути настільні комп'ютери і портативні комп'ютери з будь-якими Webбраузерами, інтерактивні телевізійні приставки і пристрої всеосяжної комп'ютеризації, такі, як кишенькові комп'ютери (PDA) і бездротові пристрої – мобільні телефони та електронні записники. Також повинні підтримуватися автоматичне визначення пристроїв і прозорість дротового/ бездротового доступу. Середовище портлетів (портлети – це видимі служби порталу, які користувачі вибирають для включення у власні персональні представлення) і служби упаковки, що дозволяють користувачеві визначити, який тип контенту вважається "прийнятним для пристрою", оскільки не всі застосування і типи контенту доступні для всіх пристроїв.

Компонент служб, призначених для користувача. Компонент призначених для користувача служб допомагає користувачеві просто і легко знайти потрібну йому інформацію і людей, визначати, які застосування та інформація йому потрібні, а також співпрацювати з іншими користувачами.

Компонент служб, призначених для користувача, містить (див. рис. 4.6): служби персоналізації; служби безпеки; служби доступу; служби публікації; служби підписки; служби доставки; служби підтримки співпраці; служби управління документообігом.

Служби персоналізації (сервіси персонального порталу користувача) приводять контент (інформацію, застосування та експертні знання) у відповідність з потребами конкретного користувача.



Рисунок 4.6 - Схема базового набору служб-компонент геопорталу

Для управління цим процесом користувач може визначати правила переважного представлення контенту у складі свого профілю. Згодом користувач може змінювати настройки свого профілю при будь-яких змінах своїх переваг. Портал також може виконувати динамічну настройку профілів на підставі зібраних даних про роботу з інформацією і застосуваннями, а також про поведінку користувача (потік кліків – click stream). Застосування сумісної фільтрації (логічного висновку) і правил дозволяє порталу використовувати тільки важливу інформацію для персоніфікації уявлення і полегшення роботи кінцевого користувача. У цьому і полягає відмінність подібного підходу від традиційного процесу індивідуальної настройки, який виконується вручну і найчастіше самим кінцевим користувачем.

Служби безпеки (служби розмежування доступу та авторизації) надають користувачам єдиний (тобто з одноразовою ідентифікацією) доступ до всього дозволеного для доступу контенту (застосуванням, інформації та експертним знанням). Служби безпеки також гарантують недоступність для користувачів порталу тих даних і застосувань, до яких вони не мають права доступу.

Служби доступу надають користувачам доступ до інформації і застосувань за допомогою адаптерів порталу та адресів URL. Пошукові системи (мета-пошукові) утворюють ідеальний інтерфейс для пошуку потрібного контенту одночасно у декількох внутрішніх і зовнішніх джерелах.

Служби публікації (інформаційні сервіси) підтримують як ручну, так і автоматичну публікацію. При ручній публікації користувачі, що володіють відповідними повноваженнями, можуть публікувати контент для спільної роботи з іншими користувачами. Сюди відносяться офісні документи, матеріали для обговорення у дискусійних групах, знання, зовнішня інформація (наприклад, адреси URL, стрічки новин у реальному часі), правила, робочі документи, експертні знання і транзакції. При публікації новий матеріал враховується у відповідній категорії інформаційного каталогу порталу і забезпечується іншою супутньою інформацією, щоб його можна було легко знайти при необхідності. Крім того, можна організувати систему так, щоб при публікації закритого матеріалу він автоматично переміщався у сховище загальної інформації, де декілька користувачів можуть працювати з ним та управляти їм або ж організувати динамічне оновлення матеріалу в його початковому місцерозташуванні. Публікація може виконуватися і автоматично - застосуваннями (засобами API) і менеджером категорій порталу у ході автоматичного сканування контенту у різних розташуваннях.

Служби підписки дозволяють користувачам і застосуванням підписуватися на отримання інформації, що цікавить їх, після чого вони отримуватимуть повідомлення про появу будь-якої нової інформації або зміни існуючої інформації з відповідних питань. Розсилка повідомлень підписникам може проводитися за розкладом (наприклад, щодня о 9:00 годині ранку) або за подіями (тобто портал генерує повідомлення, попередження або вимагає виконання тих або інших дій при наставанні певних подій).

Служби доставки (сервіс розсилок) управляють доставкою контенту підписникам (користувачам і застосуванням) у рамках управління підпискою.

Доставка контенту може виконуватися у форматі, залежному від пристрою доступу або застосування.

Служби підтримки співпраці (сервіси інтерактивної взаємодії) надають інструменти організації співпраці, завдяки яким користувачі в середині компанії і за її межами можуть взаємодіяти один з одним і спільно використовувати інформаційне наповнення (наприклад, для ухвалення рішень).

Служби управління документообігом дозволяють користувачам, що володіють відповідними повноваженнями, визначати:

- процеси, які ці користувачі бажають виконати (або до яких бажають дістати доступ);

- процеси, які слід запускати як дії у разі, коли правило підписки, рішення або персоналізації вважається істинним.

Компонент управління інформацією. Служби управління інформацією включають декілька елементів (див. рис. 4.6).

Інформаційний каталог (каталог освітніх ресурсів) – це спосіб знаходження інформації і застосувань, доступних через портал. Каталог містить посилання (метадані) на контент, згруповані за темами. Він індексує структуровану і неструктуровану інформацію, застосування та інші об'єкти. Посилання можуть вставлятися в інформацію безпосередньо за допомогою інструменту ручної публікації або за допомогою зовнішніх застосувань, інструментальних засобів і менеджера розбиття по категоріях порталу, які використовують засоби імпорту/експорту та інтерфейси АРІ. Інформаційний каталог часто є визначальним чинником при виборі рішення для створення порталів. Він може бути реалізований як звичайна файлова система з базовим набором функцій або ж у вигляді бази даних, що дозволяє скористатися широкими можливостями організації та індексування, які мають сучасні СУБД.

Менеджер розбиття за категоріями надає служби, пов'язані із згрупуванням контенту по категоріях або, що теж саме, з систематизацією вмісту. Складальники інформації автоматично переглядають Web-сайти, що запускаються за графіком і за запитами користувачів, і збирають метадані про інформацію і застосування. Новий та оновлений контент, виявлений у результаті перегляду, потім передається менеджерові розбиття за категоріями, який поміщає інформацію у потрібний розділ інформаційного каталогу.

Каталог правил. Правила визначаються та обробляються за допомогою редакторів правил, які наявні у службах персоніфікації, підписки та управління документообігом, а також менеджером розбиття за категоріями.

Правила зберігаються у каталозі правил і включають наступне:

правила персоналізації – управляють тим, яка інформація надається конкретному користувачеві;

- правила розбиття за категоріями – групують зв'язану інформацію за категоріями для полегшення роботи;

- правила ухвалення рішень/виконання дій – управляють автоматичним ухваленням рішень, видачею рекомендацій і запуском дій, таких, як виконання документообігу;

- правила підписки – призначені для доставки інформації за графіком і на вимогу, а також для повідомлення користувачів і застосувань про зміни в інформації.

Менеджер подій відповідає за запуск завдань на основі правил, які визначені у каталозі правил. Правила, пов'язані з рішенням, можуть запускати такі дії, як генерація звітів, розсилка повідомлень по електронній пошті, запуск операційних транзакцій, а також можуть генерувати відгук, що персоналізується. Для правил підписки, керованих подіями, менеджер подій виконує контроль наставання цих подій. Коли відбувається потрібна подія, він повідомляє вказаного користувача або пристрій і доставляє вказане інформаційне наповнення у необхідному форматі за допомогою служб доставки і/або виконує інші автоматичні дії, наприклад, повідомляє інших користувачів або дозволяє користувачеві зробити ту або іншу дію.

Сховище спільно використовуваної інформації (банк освітніх об'єктів) - це логічне сховище, що використовується для управління інформаційним створеним опублікованим наповненням, та спільно працюючими користувачами. У сховищі спільно використовуваної інформації зберігається не вся опублікована інформація. У той же час у сховищі може бути поміщена інформація, створена на персональній платформі і потім опублікована, після переміщення її у сховищі ця інформація стає доступна іншим користувачам для перегляду і зміни. Часто є декілька сховищ спільно використовуваної інформації: всі вони утворюють "федерацію" загальнодоступних сховищ. Велика частина інформації у сховищі існує також і в інших сховищах та оновлюється динамічно.

Менеджер об'єднання контенту відповідає за збірку компонентів застосувань і контенту (голосової інформації і даних) для передачі по дротових і бездротових каналах зв'язку. Менеджер управляється службами персоналізації у ході процесу персоналізації.

Компонент адаптерів порталу. Для того, щоб забезпечити взаємодію широкого спектра застосувань, даних і користувачів, портал містить адаптери, які виконують функції інтерфейсу між різними системами і форматами інформації. Адаптери порталу можуть поставлятися у складі продукту для організації порталів, отримуватися у незалежних постачальників або розроблятися самостійно за допомогою інструментів розробки. Адаптери порталу надають доступ до широкого діапазону інформації.

При появі нового типу контенту необхідно придбати або створити адаптер для нього. Існує декілька типів адаптерів порталу для з'єднання з різними типами контенту (див. рис. 4.6).

Адаптери БД і файлів являють собою API-інтерфейси баз даних і файлів, які надають доступ до даних, що зберігаються у різних джерелах структурованої інформації (база даних замовників, аналітична інформація системи BI, OLAP). Сюди також відносяться служби синхронізації, які синхронізують дані, що зберігаються у кишенькових комп'ютерних пристроях, з корпоративними базами даних і БД окремих застосувань.

Адаптери інструментів знань (BI) – АРІ для доступу до інструментів знань, аналітичних програмних пакетів і порталів знань BI.

Адаптери управління контентом – АРІ для доступу та інтеграції систем управління контентом, в яких зберігається неструктурована комерційна інформація (малюнки, аудіо, відео тощо) до складу порталу. Сюди відносяться служби об'єднання контенту і служби управління додатковим контентом, такі, як служби пошуку тексту, які переглядають неструктуровану інформацію, служби кластеризації, які виявляють схожу і зв'язану інформацію, служби узагальнення, що становлять осмислені реферати. Сюди ж відносяться і служби схильностей, які виявляють схильність користувача до роботи з тією або іншою інформацією.

Адаптери ПЗ підтримки співпраці і офісних застосувань – АРІ для доступу та інтеграції застосувань підтримки співпраці та офісних пакетів до складу порталу для доступу до офісних документів, електронної пошти, дискусійних груп і служб підтримки співпраці.

Адаптери даних реального часу – АРІ для доступу та інтеграції до складу порталу стрічок даних реального часу, таких, як відео та аудіо.

Адаптери інтеграції застосувань дозволяють організувати доступ до пакетних застосувань і старих комп'ютерних систем. Сюди ж відноситься підтримка управління транзакціями.

Інструменти розробки адаптерів дозволяють розробляти власні адаптери, для цього необхідно вибрати продукт, до складу якого входить відповідний інструментарій.

Компонент Web- інфраструктури (див. рис. 4.6). Засоби розробки Web-застосувань включають інструменти, компоненти порталу і компоненти застосувань, які можуть використовуватися спільно з засобами розробки для того, щоб надати порталу можливість працювати з інформацією певного роду. Це інструменти дизайну Web-сторінок, редактори правил і середовища розробки Java Beans.

Засоби управління продуктивністю та адміністрування призначені для адміністраторів порталу, надаючи їм можливість управляти користувачами і співтовариствами користувачів, продуктивністю, контентом (наприклад, виконувати його синхронізацію та оновлення) і здійснювати аналіз характеру роботи з порталом. Засоби адміністрування порталу повинні бути інтегровані з іншими засобами управління системами, утворюючи єдине середовище управління системами в організації. До засобів управління продуктивністю відносяться засоби управління кешуванням, розподілу служб порталу по декількох серверах, рівномірного розподілу навантаження, управління екземплярами застосувань.

Сервер Web-застосувань – стандартний компонент інфраструктури Web, що підтримує інтеграцію корпоративних Web-додатків. Сервер Webзастосувань повинен:

- підтримувати декілька API застосувань і даних, зокрема API сервлетів, JSP, Java Beans, EJB, Corba;

- підтримувати багатопотокові, багатопроцесорні застосування і кластери з декількох серверів;

- мати у своєму складі сервер НТТР (Apache, Netscape або Microsoft IIS);

- бути незалежним від апаратної платформи;

- забезпечувати синхронне та асинхронне управління транзакціями.

Побудова геопорталу з будь-якою вибраною архітектурою відбуватиметься з мінімальними витратами сил і часу, за рахунок використання вже готового набору служб-компонент.

4.3.3. Сучасні програмно-технологічні платформи у геопорталах

Програмно-технологічною платформою для побудови і підтримки геопорталів є програмно-апаратний комплекс, що дозволяє проектувати і розробляти портали різного призначення та архітектури. Цей програмноапаратний комплекс при цьому забезпечує виконання наступного набору функцій: виконання застосувань; можливість спільної роботи; управління змістом; управління користувачами; контроль та управління продуктивністю; управління знаннями; підтримка комунікацій; персоналізація і профілізація; пошук; забезпечення безпеки; стандартний Internet доступ до порталу.

Структура основних програмно-технологічних Internet-платформ для створення сучасних геопорталів представлена на рис. 4.7 [6].

На рисунку представлені зв'язки між основними типами платформ геопорталу і системами управління порталом. Сучасні технології побудови геопорталів базуються на різноманітних програмно-технологічних платформах. Їх створення направлене, перш за все, на подолання обмежень існуючої версії програмно-технологічної платформи і розробку технологічної платформи нового покоління з можливістю забезпечення її розвитку на тривалу перспективу.

Портали базуються на розширюваній мови розмітки XML у стандарті, розробленому консорціумом WWWC. Основними напрямками розвитку різних програмно-технологічних платформ є технології: HTML, CSS, JavaScript .Net, Flash, JAVASE, JAVAEE, CGI, Python, Ruby, PHP, ASP, Coldfuslon, AJAX. Але різна реалізація HTML, CSS, DOM та інших специфікацій у браузерах може викликати проблеми при розробці Web-застосувань і подальшої їх підтримки. Крім того, можливість користувача настроювати багато параметрів браузера (розмір шрифту, відключення підтримки сценаріїв) може перешкоджати коректній роботі застосування.

Інший (менш універсальний) підхід полягає у використанні Adobe Flash, Silverlight або Java аплетів для повної або часткової реалізації призначеного для користувача інтерфейсу. Оскільки більшість браузерів підтримують ці технології (як правило, за допомогою плагінів), Flash або Java застосування можуть виконуватися з легкістю. Оскільки вони надають програмістові більший контроль над інтерфейсом, вони здатні обходити багато несумісностей у конфігураціях браузерів, хоча несумісність між Java або Flash реалізаціями на стороні клієнта може призводити до різних ускладнень.



Рисунок 4.7 – Структура основних програмно-технологічних Internet-платформ для створення сучасних геопорталів Web-застосування складається з клієнтської і серверної частин, тим самим реалізовуючи технологію "клієнт-сервер". Клієнтська частина реалізує призначений для користувача інтерфейс, формує запити до сервера та обробляє відповіді від нього. Серверна частина отримує запит від клієнта, виконує обчислення, після цього формує Web-сторінку і відправляє її клієнтові по мережі з використанням протоколу HTTP. Саме Web-застосування може виступати як клієнт інших служб, наприклад, бази даних або іншого Web-застосування, розташованого на іншому сервері.

У даний час набирає популярності новий підхід, званий АЈАХ, який призвів до перегляду принципів побудови Web-застосування [4]. На зміну статичним інтерфейсам, що формуються при "завантаженні" HTMLсторінки, приходять інтерактивні, які не поступаються за функціональністю інтерфейсам локальних застосувань. Вже у самій назві АЈАХ (асинхронний JavaScript i XML) відбита суть технології. Вона дозволяє клієнтській і серверній сторонам Web-застосування взаємодіяти асинхронно: браузер може звернутися до сервера у будь-який момент часу (наприклад, коли покажчик миші наведений на посилання у тексті), а сервер у будь-який момент може передати дані браузеру (не тільки за запитом нової сторінки). У технології АЈАХ інтегруються такі технології, як (X)HTML, CSS, JavaScript-сценарій та об'єкт XMLHttpRequest для відправки сценарієм асинхронних запитів, безпосередньо не пов'язаних з механізмами роботи браузера. Взаємодія технологій при використанні технології АЈАХ показана на рис. 4.8.



Рисунок 4.8 – Взаємодія технологій при використанні технології АЈАХ

АЈАХ-застосування складається з двох частин: PHP- сценарію на сервері та JavaScript-сценарію на Web-клієнтові [4]. Загальна схема роботи

при використанні технології АЈАХ наведена на рис. 4.9.

РНР-сценарій контролеру, відповідно до переданих параметрів (пов'язаних з подією на клієнтові) повертає відповідь сервера, після чого JavaScript-сценарій проводить відповідні зміни у вікні браузера та обмінюється даними через XMLHttpRequest. При цьому створюється екземпляр об'єкта XMLHttpRequest, що проводить асинхронний запит до сервера і визначається функція зворотного виклику, що автоматично виконується, оброблювальна відповідь сервера.



Рисунок 4.9 – Загальна схема роботи при використанні технології АЈАХ

DOM (об'єктна модель документа) – незалежний від платформи і мови програмний інтерфейс, що дозволяє JavaScript-сценарію дістати доступ і змінити вміст, структуру та оформлення документа, використовуючи навігацію по його ієрархічній DOM-структурі від кореневого елементу до будь-якого елементу або атрибуту. Автоматично визначається функція зворотного виклику, що виконується, оброблювальна відповідь сервера.

АЈАХ-застосування дозволяє зосередити значну частину функцій з управління інтерфейсом на клієнтській стороні, що знижує навантаження на сервер і трафік. На Web-клієнтові АЈАХ-застосування забезпечує роботу інтерактивного інтерфейсу користувача, включаючи пошуково-запитальний інтерфейс. При використанні АЈАХ сторінки Web-застосування не перезавантажуються цілком, а лише довантажують необхідні дані з сервера, що робить їх більш інтерактивними і продуктивними.

Програмно-технологічні платформи, призначені для побудови порталів, повинні задовольняти наступним вимогам:

 масштабованість архітектури системи (клонуємість, кластеризація, висока продуктивність, передача великих об'ємів даних);

– доступність архітектури (підключення нових ресурсів);

- можливість інтеграції з програмами, що мають відкритий API;

- підтримка внутрішньо-системних стандартів;

- оптимізація об'ємів інформації, що передається;

підтримка російської та української мов;

– наявність вбудованих засобів (пошуку інформації, безпеки, розмежування прав доступу, життєздатності);

 модульність (незалежна робота багатьох розробників над різними частинами системи);

– можливість розвитку системи із забезпеченням повної сумісності з всіма попередніми версіями.

Відповідно до функціональних вимог до геопорталу, типова структура взаємодії основних елементів сучасних геопорталів із зовнішніми ресурсами представлена на рис. 4.10.

У структурі сучасних геопорталів визначені наступні основні блоки:

- ядро є основним блоком геопорталу. Воно здійснює функцію сполучної ланки для всіх блоків, а також управляє базовим набором служб-компонент геопорталу;

– мультимедіа – надає користувачу можливість працювати у діалоговому режимі з різнорідними типами даних (графіка, текст, звук, відео), що організовані у вигляді єдиного інформаційного середовища;

 документи, які дозволяють зберігати макети документів різного формату в електронному вигляді у структурі геопорталу;

 інтерфейс користувача – дозволяє користувачам управляти та взаємодіяти з різними елементами геопорталу.

Через мережу INTERNET геопортал взаємодіє з програмним забезпеченням, використовуючи різни послуги і сервіси (хостінг, домен та ін.).

Таким чином, завдання вибору програмно-технологічної Internet-платформи для створення геопорталів є достатньо складним завданням через їх різноманіття та тісного взаємозв'язку, але вибір надійної, відповідної до завдання платформи є ключовим.

Обгрунтований вибір програмно-технологічних платформ може здійснюватися шляхом порівняльного аналізу різних варіантів, який здійснюється на основі системи критеріїв вибору. Такою системою є комплекс вимог, що включає як загальні, так і спеціальні (функціональні, архітектурні, програмні, апаратні) вимоги щодо програмно-технологічних платформ.

На вибір програмно-технологічної платформи впливають наступні чинники:

- вимоги замовників геопорталу;

– сплановане навантаження на систему геопорталу (масштаб організації, кількість співробітників);

- характер використовуваних у системі геопорталу даних;

вимоги щодо інтеграції з зовнішніми інформаційними системами і сервісами;

– плани щодо подальшого розвитку системи геопорталу (розширення функціональності, збільшення кількості співробітників).

Взаємодія чинників, що впливають на вибір програмно-технологічної платформи геопорталу, наведена на рис. 4.11 [6].



Рисунок 4.10 – Структура взаємодії основних елементів сучасних геопорталів



Рисунок 4.11 – Чинники, які впливають на вибір програмно-технологічної платформи геопорталу

У сучасній інформаційно-технічній індустрії домінуючий вплив здійснюють наступні технологічні платформи для створення розподілених обчислювальних середовищ і розробки інтеграційних модулів: LAMP (Linux, Apache, MySQL/PostgreSQL, PHP/Perl/Python); J2EE; .NET.

Для вирішення завдань модернізації регіональної інформаційнотехнічної інфраструктури можуть бути використані різні технологічні платформи геопорталів для інтеграції інформаційних ресурсів і швидкої розробки застосувань, на основі спеціалізованих програмних продуктів з відкритим кодом (Open Source): PHP; Python, Zope i Plone; Java.

Було проведено аналіз основних типів програмно-технологічних платформ геопорталів [6, 13]. Досліджувався рейтинг програмнотехнологічних платформ, які використовуються при створенні систем управління геопорталом CMS.

Основними характеристиками параметрів під час проведення дослідження були [6]:

- час проведення досліджень: жовтень 2010 – грудень 2011 року;

- кількість опитаних доменів – 2 990 361 домен.

- частка доменів, що відповіли протягом 20 секунд, 62,6 %;
- частка доменів, що використовують CMS, 13,7 %;
- частка платних CMS від загальної частки виявлених CMS 14,8%.

Результати дослідження рейтингу мовних платформ, що використовуються для створення безкоштовних систем управління порталів (CMS) представлені на рис. 4.12 [6].



Рисунок 4.12 – Рейтинг мовних платформ, що використовуються для створення безкоштовних систем управління сайтами (CMS)

Результати дослідження рейтингу мовних платформ, що використовуються для створення платних систем управління порталів (CMS), представлені на рис. 4.13 [6].



Рисунок 4.13 – Рейтинг мовних платформ, що використовуються для створення платних систем управління сайтами (CMS)

Вибір мови Web-програмування для сайту нерозривно пов'язаний з вибором CMS сайту. Незалежно від того, яка мова програмування буде вибрана для проектування, в основі будь-якого геопорталу лежить мова гіпертекстової розмітки – HTML.

Загальний незалежний рейтинг мовних платформ, що використовуються для створення платних і безкоштовних систем управління сайтами (CMS), складений за інформацією про реальні установки на сайтах представлений на рис. 4.14.



Рисунок 4.14 – Загальний рейтинг мовних платформ, що використовуються для створення систем управління сайтами (CMS)

У результаті дослідження рейтингу програмно-технологічних платформ, що використовуються при створенні систем управління порталом CMS, визначено, що найбільш популярним середовищем для розробки CMS є програмно-технологічна платформа PHP (62.8 %). На другому місці – програмно-технологічна платформа JavaScript (28.9 %). На третьому – програмно-технологічна платформа PERL (6.5 %). Інші програмно-технологічна платформа PERL (6.5 %). Інші програмно-технологічна платформа PERL (6.5 %).

Таким чином, обґрунтований вибір програмно-технологічних платформ було здійснено шляхом порівняльного аналізу різних варіантів, які виробляються на основі комплексної системи вимог до програмнотехнологічних платформ (функціональні, архітектурні, програмні, апаратні). Також проведений аналіз сучасних програмно-апаратних платформ і визначені критерії їх вибору для створення геопорталу. Розроблена структура взаємодії основних елементів геопорталу.

4.4. Технологія створення геопорталу для збереження тарозповсюдження архіву космічних знімків з супутників NOAA

Технологія призначена для розробки та реального створення тематичного геопорталу для збереження та розповсюдження оперативних та архівних знімків супутників серії NOAA, які приймаються власною станцією прийому, для вирішення задач моніторингу навколишнього середовища.

Апаратно-програмний комплекс геопорталу збереження та розповсюдження оперативних та архівних знімків з супутників NOAA являє собою комплекс взаємозв'язаних програмних та апаратних засобів і призначений для виконання наступних завдань [13-15]: виконання застосувань; можливість спільної роботи; управління змістом; управління користувачами; контроль і управління продуктивністю; підтримка комунікацій; персоніфікація; профілізація; пошук; забезпечення безпеки; стандартний www-доступ до порталу.

Структурно технологія складається з наступних компонент, що наведені на рис. 4.15:

 програмно-апаратна платформа для забезпечення функціонування геопорталу;

- макет структури і дизайну головної сторінки геопорталу;

– сховище даних ДЗЗ, отриманих за результатами космічного моніторингу з використанням супутників NOAA.

Система призначена для постійної щоденної роботи користувачів і відвідувачів геопорталу. Користувачі працюють з системою у діалоговому режимі у реальному масштабі часу (on-line).
Визначимо основні етапи технології створення геопорталу для збереження та розповсюдження архіву космічних знімків з супутників NOAA.

Першим етапом створення технології є визначення функціональних вимог щодо геопорталу (див. рис.4.15). Цей етап є базовим та одним з найважливіших у процесі створення геопорталу.



Рисунок 4.15 – Технологія створення геопорталу для збереження та розповсюдження архіву космічних знімків з супутників NOAA

Результатом реалізації першого етапу є визначення напряму вектора, в якому необхідно рухатися для досягнення поставленого функціонального завдання і вибору найбільш відповідної програмно-апаратної платформи.

Результати аналізу сучасних геопорталів визначили основні вимоги, що висуваються до створення геопорталу:

– можливість поєднання даних з різних геосервісів з накладенням шарів;

- забезпечення публікації метаданих;

- висока швидкість візуалізації і зручність призначеного для користувача інтерфейсу;

відкритість програмного забезпечення і наявність можливості його доопрацювання;

– можливість розширеного введення і редагування власних шарів та об'єктів, їх моделювання;

 – розмежування доступу та ідентифікація користувачів, яка розрахована на роботу з великою кількістю користувачів;

– можливість створення додаткових геосервісів (геокодування, моніторинг різних об'єктів тощо).

Відповідно до функціональних вимог до геопорталу (див. рис. 4.11) необхідно визначити програмно-технологічну платформу, яка послужить основою для створення геопорталу.

Другий етап роботи щодо створення геопорталу пов'язаний зі створенням (емуляцією) тимчасового сервера на локальному комп'ютері (див. рис.4.15). Даний етап призначений для забезпечення імітації реальних умов роботи геопорталу. Це необхідно для того, щоб мати можливість створювати програмний код і вносити різни зміни до структури геопорталу безпосередньо до його запуску.

При створенні геопорталу перед розробником встає необхідність у частій зміні даних, їх доповненні і доопрацюванні. Тому під час конструювання каркасу для геопорталу значно легше контролювати весь процес розробки геопорталу за допомогою персонального локального комп'ютера (не обов'язково підключеного до мережі INTERNET) і встановленого на ньому локального сервера.

Для створення такого сервера доцільно використовувати програмний комплекс "Denver". Запропонований комплекс програм дозволяє запустити повноцінний Web-сервер Apache з підтримкою PHP, Perl і сервер MYS-QL під управлінням операційної системи MS Windows 95/98/Me/NT/2000/ XP. При установці комплексу не потрібні ніякі настройки і він може використовуватися навіть непідготовленими користувачами.

Третім етапом створення геопорталу є створення графічного каркасу

геопорталу (див. рис.4.15). Результат цього етапу можна вважати одним з найважливіших аспектів роботи та взаємодії з геопорталом, оскільки графічний каркас відповідає за зворотний зв'язок з користувачами, навігацію по порталу і спосіб представлення інформації.

Дизайн зовнішнього інтерфейсу, зручність роботи з ним, інтуїтивно зрозуміле розташування елементів управління порталом – все це необхідно враховувати під час створення графічної оболонки геопорталу. Як основне застосування для розробки дизайну використовується графічний растровий редактор Adobe Photoshop, а також потужний редактор HTML коду – Adobe Dreamweaver з розширеними можливостями для розробника.

На рис. 4.16 представлено спільне використання програмних засобів Adobe Photoshop і Adobe Dreamweaver при створенні графічної оболонки геопорталу.



Рисунок 4.16 – Використання програмних засобів Adobe Photoshop і Adobe Dreamweaver при створенні графічної оболонки геопорталу

Каркас створювався за допомогою основної HTML таблиці, що складається з трьох рядків.

У верхньому рядку таблиці в якості фонового малюнку розміщується "голова" порталу – файл header.jpeg, яка показана на рис. 4.17.

До середнього рядка входить ще одна таблиця, яка розбиває його на два стовпця. Лівий стовпець відведений під бічне меню – основне меню навігації порталу, а правий – під текстове поле для статей та іншого наповнення для різних сторінок порталу.



Рисунок 4.17 – Верхня частина графічної оболонки геопорталу

Створення основного меню навігації геопорталу є наступним (четвертим) етапом створення геопорталу (див. рис. 4.15). Для того, щоб не навантажувати сервер зайвою інформацією і збільшити швидкодію геопорталу, основне навігаційне меню виконується не за допомогою графічного редактора, а виключно за допомогою застосувань PHP і CSS [7]. Основне статичне меню геопорталу представлено на рис. 4.18.

Головна сторінка
Архів даних ДЗЗ
Центр космічного моніторингу
Характеристика прибережної території
Звіти публікацій
Міжнародні зв'язки
Карта порталу
Контакти
Статті
Картографія
Про нас

Рисунок 4.18 – Основне статичне меню геопорталу

Функціональним завданням цього меню є зручне переміщення по сторінках порталу і повна взаємодія цих сторінок з головною сторінкою порталу – взятою за зразок для створення решти сторінок.

До нижнього рядка основної таблиці тіла порталу входить нижня частина сторінки – так званий «футер» – footer.jpeg, який показаний на рис. 4.19.

Рисунок 4.19 – Нижній елемент дизайну графічної оболонки геопорталу

Ліва та верхня частини є незмінними на всіх сторінках. Центральна та права частина відображають інформацію відповідних сторінок. Далі за

допомогою бібліотеки Jquery (Java Script) було розроблено горизонтальне адаптивне меню, показане на рис.4.20.



Рисунок 4.20 – Основне горизонтальне динамічне дворівневе адаптивне меню

П'ятий етап розбиття основного коду на РНР блоки (див. рис. 4.15) призначений для забезпечення зручності у використанні універсальних повторюваних елементів коду під час написання інших програмних частин геопорталу. Основний код порталу доцільно розбити на РНР блоки, оскільки це допоможе уникнути помилок у редагуванні коду і допоможе не захаращувати основний код порталу. В даному випадку при створенні нових сторінок відповідно до заздалегідь створеного головного меню порталу зручність використання у якості шаблону (еталону) головної сторінки значно зростає. Це також дає можливість редагувати певний фрагмент коду на всіх сторінках порталу одночасно. З основного коду виділяються ключові блоки і виносяться в окремі РНР файли, які підключаються у головному коді за допомогою оператора include [7].

Формування наповнення сторінок геопорталу (див. рис.4.15) є шостим етапом створення геопорталу, який призначений для забезпечення можливості внесення необхідної інформації на сторінки геопорталу.

Після того як основна сторінка створена і головний код розбитий на РНР блоки, а звернення до цих блоків розставлені на головній сторінці, цю сторінку можна брати як еталон для всіх інших сторінок геопорталу. Міняти при цьому доведеться тільки наповнення текстового блока порталу за допомогою застосувань PHP і CSS.

Для візуалізації інтерактивної карти певного району на сторінці геопорталу використовується картографічний Web-ресурс "Яндекс-карти", результат роботи якого показано на рис. 4.21 [12, 16].



Рисунок 4.21 – Інтерактивна карта у картографічному сервісі "Яндекскарти"

Алгоритм візуалізації картографічних даних певного району на сторінці геопорталу з використанням сервісу "Яндекс Карти" представлено на рис. 4.22.



Рисунок 4.22 – Алгоритм візуалізації картографічних даних певного району на сторінці геопорталу з використанням сервісу "Яндекс Карти"

Перший блок алгоритму необхідний для подальшого використання даного картографічного сервісу і полягає у процесі реєстрації користувача за адресою: http://passport.yandex.ru/passport?mode=register.

Основні етапи реєстрації користувача на картографічному сервісі "Яндекс Карти" представлені на рис. 4.23.

			паспорт		
Регис	трация: шаг 1 из 2				
CENH - 21	то ваш унисальный псевдоним, под кот	орым вас будут узнавать все серенсы Яндекса.	Регистраци	я: шаг 2 из 2	
Hart Son	sua		Вы выбрали логин:	vasiliypetrovlaba	
Имк	Василий	Просняя вас учасать настонадие имля и фемилико. Это повахият восстановить доступ к серенсам Яндекса, если	и филоние. с серенисан: Ридекса, если Придумайте пароль:		Как выбрать пароль
MARINE	Петров	вы забудете свой пароль.			Показывать текст пароля
Погик	vasilivgetrovlabal	@yandex.us потин скободен		простои, 7 символов	
	Пы такко можете выбрать логины:		Подтвердите пароль:		
	2. petroff.vasikypetrovlaba			введено верно	
	3 vasiivpetroviaba.petroff 4. vasiivpetroviaba.petroff2010		Секретный вопрос:	Ваш любимый номер телефона 👻	Если вы забудете пароль, то сможете получить доступ, ответив на этот вопрос.
	5. petroff, vasikypetrovlaba2010		Otert	MOR	
	7. mister.vasitypetrovlaba2010		Decent court		J
	9. vasya, vasikypetrovlaba2010		другой е-так.		 в службу поддержих. Если вы выдете адрес, на нет будет выслам запрос о полтиенскиеми.
	in the second provided in the second s		Molium and reservoir		FORM BAL MEVERTE DAGOTE, MAL CARDINEM OTTORBUTE BAR
Яндекс охраниет персональные сведения пользователей в соответствии				s dopmare +7 916 123 11 22	SMS с ходом для его восстановления. На следующей стоямал болет показана настоящей
					для подтверждения номпра телефона
lansure -	-				
			(ニテトコーモ)	Ведите цифры с кар	TWHOM CITERS:
аспо			1111	()[≥] → 177209	
			Ф показать друг	тие цифры	
Тоздр	равляем, регистрация	успешно завершена!	Я принимаю услов	ия Пользовательского соглашения.	
на новы	a e-mail: vasiliypetrovlaba@yandex.u	а Васпечатать или сохранить в файл	-		
INHC .	vasiliypetrovlaba	на случай, если вы забудете пароль	Зарегистрировать		
ия и фан претный	килия: Василия Петров Ваш любимый комер телефок				
зпрос и е	пает: мей				
Секрепный вопрос и о Держите в	алини. Василии тетрое в Ваш любимый комер телефок поет: мей аш пароль в секрете и помните, что сот	а рудники Яндекса никогда и ни под каким предлогом не спросят			

Рисунок 4.23 – Етапи реєстрації користувача на картографічному сервісі "Яндекс Карти"

Другий блок алгоритму описує процес підготовки фрагмента тематичної карти для розміщення у складі геопорталу. Він ділиться на три етапи.

На першому етапі створення здійснюється розміщення на карті точок, ліній та їх позначень за допомогою панелі інструментів, як показано на рис. 4.24.

	С помощью этого инструмента у вас получится создать схему проезда, которую м	ложно разместить на вашем сайте или в блоге.	Помощь
инструменты	Создание	🕥 Код для вставки	🚦 Кнопка «Установка точек»
онструктор схем проезда Пределение координат	Расставьте на карте точки Посмотрите, как в итоге будет и линии и подпишите их выглядеть схема на сайте	г Получите код для вашего сайта или блога	позволит расставить и подписать точки на карте.
Получить АРІ-ключ здать вопрос в клубе разработнихов	ГС С Ступки Габрид улива Хараковски Дингий, 19 В. Улива Хараковски Дингий, 19 В. Улива Хараковски Дингий, 19 В. Улива Хараковски Дингий, 19		Например, вы можете отметить и подписать ту точку, где находится ваш офис кли какой-либо другой объект. Количество точес и оформление какдой ко них зависит от вас. Кнопка «Рисование линий»
стати	Поставить здесь точку?		позволит нарисовать маршрут, по которому лучше всего добираться
ы можете <u>запрограммировать</u> <u>юбходимую реакцию карты</u> а действия пользователя.			Чтобы завершить рисование, нажмите клавишу Esc или кликните по любой из узловых точек и выберите сответствующий пункт меню.
	· · · · · ·		Кнопка «Рисование многоугольниковэ позволит нарисовать склад или другой сложный объект.
	MREK.		Чтобы завершить рисование, нажмите клавишу Еsc или кликните по любой из узловых точек и выберите соответствующий пункт
	Найти место на карте:		меню.
	Харьков, ул. Харьковских дивизий, 29а Найти		Чтобы задать необходимый
	Украина, Харьков, улица Харьковских Дивизий, 19		за правый нижний угол карты.
	Очистить результаты поиска		

Рисунок 4.24 – Етап створення карти

На другому етапі перегляду проводиться попередній перегляд того, як виглядатиме картографічна інформація на сторінці даного геопорталу, що показано на рис. 4.25.





На третьому етапі формування коду для вставки у геопортал здійснюється безпосереднє отримання коду для геопорталу, як показано на рис. 4.26.

<mark>Я</mark> ндекс	<u>АРІ</u> → <u>Карты</u>				
	О проекте Документация (Инструменты) Во	просы и ответы Пользовательское соглаш	ение	поиск Найти	
	Конструктор схем проезда				
Инструменты Конструктор схем проезда Определение координат	Спожащено этого инслужиется у вас получи Создание Расставьте на карте точки и линии и подлищите их	СП Создате схаму проезда, которую икожно Посмотрите, как в итоге будет выглядеть схема на сайте	З Код для вставки Получите код для вашего сайта или блога		
Получить АРІ-ключ	Укажите адрес вашего сайта (выб Для того чтобы получить код для вставки, уч	бран тнп «карта для сайта») ажите адрес (url) вашего сайта			
Задать вопрос в клубе разработчи	КОВ Введите новый адрес (почитайте о том, <u>как i</u> http://www.petrol.kh.ua				
Кстати	Прочитайте пользовательское соглашени	e			
Вы можете <u>запрограммировать</u> необходимую реакцию карты на действия пользователя.	о. 1. все претензии, связанные с исп форму обратной селзи на веб-странице 6.2. Яндекс пераев е любое реяма б иные условия использования Службы. А арі yandex.ru/maps/agreement.xml.	ользованием/невозможностью использовани Службы. ез уевдомления Пользователя изменять текк атуальный текст настоящего Соглашения ра	ия Служови, должны направляться через ст настоящего Соглашения и/или любые омещается по адресу: http://		
	📱 Я прочитал Пользовательское согла.	шение и согласен с условиями предоставлен	ия сервиса.		
	I	Получить код карты			
	Работайте в Яндексе	<u>О компании</u> - <u>Обратная са</u>	<u>806</u>	@2008-2010 <2htests:	

Рисунок 4.26 – Етап формування коду для вставки у геопортал

Третій блок алгоритму описує процес впровадження фрагмента коду до складу геопорталу. Фрагмент коду, який згенерував сервіс «Яндекс-Карти», показаний на рис. 4.27.

	Вебмастер Метрика Виджеты Рекламная сеть Директ Поиск для сайта АРІ ещё •	nechausov v	Выход					
<mark>Я</mark> ндекс	<u> АРІ — Карты</u>							
	Опроекте Документация Инструменты Вопросы и ответы Пользовательское соглашение	поиск	Найти					
	Конструктор схем проезда							
	С помощью этого инструмента у вас получится создать схему проезда, которую можно разместить на вашем сайте или в блоге.							
Инструменты	<u>Создание</u> <u>Просмотр</u> <u>З Код для вставки</u>							
Конструктор схем проезда Определение координат	Расставьте на карте точки Посмотрите, как в игоге будет Получите код для вашего сайта и линии и пополиците их выспеленть схема на сайте или блога							
Получить АРІ-ключ	Скопируйте код							
	Код для вставки карты:							
Задать вопрос в клубе разработчиков -> 								
Кстати	key=AOIABkwBAAAAix8yex/MA906HCotJkR9bmCc9_awD28AHEgcAAAAAAAAAAAAAAAAAik-7SbnHSIOWAqSQb0n2ij0kYOg==&wizard=c type="text/javascript">							
Вы можете запрограммировать	<script type="text/javascript"></script>							

Рисунок 4.27 – Фрагмент коду, який згенерував сервіс «Яндекс-Карти» для впровадження до складу геопорталу

Для того, щоб вибраний фрагмент карти відобразився на геопорталі, необхідно скопіювати фрагмент коду, що автоматично згенерував сервісом «Яндекс Карти», і вставити його в основний програмний код геопорталу (код розмітки тієї сторінки, де він повинен відображатися).

На рис. 4.28 представлена головна сторінка геопорталу для збереження та розповсюдження архіву космічних знімків з супутників NOAA.



Рисунок 4.28 – Головна сторінка геопорталу

На головну сторінку був поміщений фрагмент коду, який дозволив підключити картографічний ресурс "Яндекс Карти" з метою наочної локалізації цільової зони дослідження на геопорталі.

Технологія створення геопорталу також передбачає створення каталогізованого сховища даних ДЗЗ (див. рис. 4.15).

Одне з основних цільових завдань, яке повинен виконувати даний геопортал після закінчення його створення, є забезпечення каталогізації, сортування і зберігання даних ДЗЗ, отриманих за допомогою станції прийому з метою моніторингу навколишнього середовища. Накопичені дані можуть стати базою для проведення аналізу та ухвалення різних рішень. Сховища даних створюють інформаційну базу, зокрема для роботи систем підтримки ухвалення рішень.

Станція космічного моніторингу приймає дані ДЗЗ у форматі HRPT і видає їх після обробки у форматах *.dat та *.jpeg.

Схема розподілу збереження знімків з супутника NOAA у кожному сеансі космічного моніторингу при формуванні каталогу представлена на рис. 4.29.

Перший етап реалізації системи збору і зберігання даних ДЗЗ – створення РНР-оболонки каталогу знімків з супутників NOAA. Зовні дана оболонка розбита на дві частини:

1. Каталог "сирих" (не оброблених) знімків з супутникіа NOAA рівня обробки "0" у форматі *.dat;

2. Каталог перетворених знімків з супутника NOAA рівня обробки "1" у форматі *.jpg.



Рисунок 4.29 – Схема розподілу збереження знімків з супутника NOAA у кожному сеансі космічного моніторингу при формуванні каталогу

Каталог побудований у вигляді ієрархічної структури. Сортування у даному каталозі проводиться за датою створення і номером сеансу. За добу

зберігається декілька сеансів даних, які отримані від супутників NOAA. Один сеанс включає один файл у форматі *.dat і дев'ять файлів первинної обробки у форматі *.jpg, що відображають різні канали представлення (Ch-1, Ch-2, Ch-3, Ch-4, Ch-5 та ін.) (див. рис.4.29).

За допомогою технологій Javascript, PHP, CSS та Ајах був реалізований найбільш важливий у структурі геопорталу функціональний блок "Архів даних ДЗЗ з супутника NOAA". Реалізація графічного представлення оригінальних файлів прийому у форматі *.dat у каталозі даних з супутників NOAA наведена на рис. 4.30. На рис. 4.31 показано, як графічно представляються у каталозі даних з супутників NOAA первинно-оброблені файли прийому у форматі *.jpg.

Функціональним навантаженням даного блоку повинна бути можливість каталогізації та перегляду отриманих даних з супутника NOAA.

У каталозі реалізована система введення-виводу метаданих з подальшою прив'язкою до сеансу прийому даних, а також система виведення зменшеного зображення одного з каналів, отриманих після первинної обробки (Quick Look). Так само у нижній частині тіла каталогу реалізована легенда умовних позначень каналів первинної обробки (див. рис.4.30).

За допомогою технології АЈАХ була реалізована панель адміністратора каталогу сховища даних ДЗЗ. Потрапити на неї можна тільки після введення паролю. Процес завантаження первинно-оброблених файлів прийому з комп'ютера до панелі адміністратора каталогу даних ДЗЗ показаний на рис. 4.32.



Рисунок 4.30 – Реалізація графічного представлення оригінальних файлів прийому у форматі *.dat у каталозі даних з супутників NOAA



Рисунок 4.31 – Реалізація графічного представлення первинно-оброблених файлів прийому у форматі *.jpg у каталозі даних з супутників NOAA

Сеанс:	Номер сеансу:		_				
Зображе	ення: Обрати файл						
Метадан	ні: Файл не обра И	ано					
*dat - фa	айли: Обрати файл	0	Открыть				×
Метадан	ні: Файл не обра	0	Necaus	ov RT (D:) > 7.06.2011	▶ 7.06.2011	✓ ↓↓ Поиск: 7	7.06.2011 P
дправити			порядочить • По	вая папка			
		lñ	1.0				The state of the
			31	Sec. 8.		and the second second	ALC: NO
овер	рнутися		and the second		NET		
			hrpt01-c1	hrpt01-c2	hrpt01-c3	hrpt01-c4	hrpt01-vg
			100	in 1	A COMPANY	and the	
Ch-1	Перший канал			1 + 3 V	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		7
Ch-2	Другий канал		hmt01+c5	hrot01-fc	hrat01-st	hrat01-th	hrot01-wy
Ch-3	Іретін канал		input C	inploz ic	input st	inpost of	
Ch-4	Четвертии канал						
Ch-5	П'ятии канал		Им	я файла:		• Все файл	ы
FC	Синтезовании (кольоровии)					Открь	Отмена
551 Th	Texmeparypa Bodu (sea surface temperature)						
Ve.	Pennepatypa indkiladkin						
vg	Бегегация						

Рисунок 4.32 – Процес завантаження первинно-оброблених файлів прийому з комп'ютера до панелі адміністратора каталогу даних ДЗЗ

На панелі адміністратора каталогу даних ДЗЗ реалізована також можливість поповнювати каталог новими (свіжими) знімками, віддаляти (відвантажувати) основні (необроблені) файли прийому з комп'ютера оператора станції та вводити метадані.

Для покращення графічного відображення знімків каталогу на даному етапі розглядається прототип нової графічної оболонки з більш сучасним інтерфейсом користувача, яка показана на рис. 4.33. Цей варіант повторює функціональні можливості існуючого каталогу, але основною його відмінністю є те, що існує можливість представлення усіх графічних файлів у вигляді декількох quick-look одночасно. Це сприятиме покращенню сприйняття інформації користувачами, але проблема швидкодії у разі використання такої моделі встає на перший план.

Також розробляється система відображення відзнятих матеріалів у вигляді галереї (рис. 4.34), яка буде існувати та взаємодіяти паралельно з основним каталогом і якщо користувач захоче переглянути знімки, не завантажуючи їх на свій комп'ютер, у нього буде така можливість.

Таким чином, представлені технології дозволять забезпечити періодичне оновлення інформації, близьке до реального часу, і вирішувати складні ресурсоємні задачі у спільній командній роботі географічно розподілених груп користувачів при взаємодії з галузевими, регіональними і міжнародними інформаційними системами.



Рисунок 4.33 – Прототип нової графічної оболонки каталогу даних ДЗЗ



Рисунок 4.34 – Система відображення відзнятих матеріалів у вигляді галереї

Наприкінці необхідно зазначити, що створений геопортал для збереження та розповсюдження архіву космічних знімків з супутників NOAA забезпечить наступні вимоги до вихідної інформаційної продукції:

- можливість формування структури каталогу даних ДЗЗ;

 – легкість організації пошуку і перегляду даних ДЗЗ за допомогою різних типів браузерів;

- "само документованість" формування метаданих;

- можливість перевірки якості і функціональної сумісності;

- забезпечення законності розповсюдження даних ДЗЗ.

З урахуванням накопиченого світового досвіду з розповсюдження матеріалів космічних зйомок, можна визначити напрямки удосконалення геопорталу.

Розділення даних: забезпечення "чистого" розділення між метаданими і растровими даними, що дозволяє здійснити безпосередню візуалізацію растрових даних (у поширених растрових форматах) у стандартних браузерах або програмних засобах роботи з растровими зображеннями, без потреби у розробці приватного програмного забезпечення.

Універсальність: кодування метаданих як структурної граматики, для якої можуть бути легко розроблені універсальні методи обробки з подальшим розділенням між застосуваннями.

Надійність і розширюваність: можливість подальшої модернізації, що забезпечує цілісність вже існуючої структури, що використовується.

Документована точність та якість: забезпечення гарантії того, що видана технічна специфікація точно відображає інформаційний набір метаданих.

Власна система каталогізації космічних знімків, яка інтегрована у геопортал, є основою функціонування центру космічного моніторингу і призначена для вирішення різних науково-дослідницьких і учбових задач. На основі архіву космічних знімків оперативного рівня у подальшому створюється архів тематичних продуктів, який включає маски хмарного покриву, карти нормалізованих вегетаційних індексів рослинності, дані автоматичного виявлення високих температур, моніторинг екологічних об'єктів та ін.

ВИСНОВКИ

Дані з метеорологічних супутників дозволяють виконувати глобальний моніторинг навколишнього середовища. Дані полярно-орбітальних супутників NOAA використовуються для довгострокових прогнозів погоди, моніторингу атмосфери і погодних явищ, моніторингу навколишнього середовища.

Супутникова система NOAA містить космічну компоненту і систему управління та прийому інформації. Особливістю системи отримання знімків є те, що вони можуть прийматися як спеціалізованими станціями прийому, так і саморобними приймачами. Крім того, знімки з супутників NOAA розповсюджуються безкоштовно у мережі INTERNET.

Для вирішення завдань моніторингу навколишнього середовища в Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського "ХАІ" (м. Харків) встановлена станція прийому космічних знімків з супутників NOAA, яка містить однодзеркальну параболічну антену у вигляді тарілки; поворотний пристрій G-5500 з дистанційним керуванням; понижуючий перетворювач; приймач HRPT 137; генератор (декодер) RIG-65 та персональний комп'ютер зі спеціальним програмним забезпеченням.

У монографії докладно розглянута технологія отримання космічних знімків з супутників NOAA. Описані склад, призначення та функціонування окремих пристроїв станції прийому, а також інтерфейс та склад спеціальних програм, що використовуються під час роботи оператора. Програма WXtrack дозволяє розраховувати розклад проходження супутників через зону радіовидимості станції та забезпечує контроль характеристик діючих супутників. Програма WSat дозволяє записувати інформацію з супутників NOAA у форматі HRPT і забезпечує збереження космічного знімку у файлі типу *.dat, а також дає можливість попередньо переглянути записане зображення для оцінки його якості. Програма HRPT Reader дозволяє проводити попередню обробку знімків з метеосупутників та аналізувати інформацію, яка на них відображається.

Розглянуто застосування технології отримання знімків з супутників NOAA під час підготовки до приймання знімків на станції прийому, під час безпосереднього приймання знімків, а також під час попереднього аналізу отриманих знімків.

Показана можливість дослідження за допомогою знімків з супутників NOAA руху хмар та аналізу стану морських акваторій. Наведені приклади супутникового моніторингу температури земної та водної поверхонь, пожеж, а також космічного моніторингу підтоплення земель. Крім того, розглянуто можливість за допомогою знімків з супутників NOAA моніторингу снігового покрову та створення карт снігового покрову.

Розглянуті основи організації каталогізації даних ДЗЗ та організаційна структура метаданих. Особлива увага приділена технології створення геопорталу для збереження та розповсюдження архіву космічних знімків з супутників NOAA.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Розділ 1, 2

1. Национальное управление океанических и атмосферных исследований [Електронний ресурс] // Енциклопедія Википедия. – Режим доступу: http:// ru.wikipedia.org/wiki.

2. Спутниковая система NOAA [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://planet.iitp.ru/spacecraft/noaa_rus.htm.

3. Спутники серии NOAA (AVHRR) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://mapexpert.com.ua/.

4. Прибор AVHRR (спутники NOAA) [Електронний ресурс] // RS DATA and GIS. – Режим доступу: http://loi.sscc.ru/gis/rs/rs&gisr/c1_2-3.htm.

5. Satellites Instruments [Електронний pecypc] // European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites. – Режим доступу: http://www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/Metop/Instruments/index.htm?=en.

6. Антенны и устройства СВЧ / Под. ред. Д.И. Воскресенского. – М.:Сов. Радио, 1972. – 423 с.

7. Хмель В.Ф. Теория и расчет антенн и устройства сверхвысоких частот / В.Ф.Хмель, И.И. Шумлянский, Н.Н. Горобец – Одесса:Патстар, 2001. – 347 с.

8. Антенна и приемник для приема погоды со спутников [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://qrx.narod.ru/hams/kp_sp.htm.

9. Coaxial Cable Specifications [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.rfcafe.com/references/electrical/coax-chart.htm.

10. YAESU G-5500. Antenna Azimuth-elevation Rotators & Controller // Instruction Manual G-5500. – Tokyo: YAESU MUSEN CO., LTD, 1998. – 10 p.

11. Спутниковый конвертер – незаменимая часть спутниковой антенны [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.satok.ru.

12. NOAA формат APT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http:// www.meteosputnik.ru/item239

13. Кеплеровы элементы орбиты [Електронний ресурс] // Енциклопедія Вікіпедія. – Режим доступу: http://ru.wikipedia.org/wiki.

14. Получение снимков облачности со спутника: программа

декодирования принятого сигнала [Електронний ресурс] Наблюдение искусственных спутников Земли. – Режим доступу: http://www.sat.belastro. net/glava5/glava5.2.p2.php.

15. WXtoImg software to decode APT and WEFAX signals from weather satellites [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.wxtoimg.com/.

16. WXtoImg [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.wxtoimg.com/support/wxgui.pdf.

17. Получение космических снимков по сети Интернет / Книжников Ю.Ф., Тутубалина О.В., Чалова Е.Р., Балдина Е.А. // По материалам доклада, представленного на Всероссийском учебно-практическом семинаре "ГИС и Интернет" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1164318&uri=text.

Розділ 3

1. Принципы изучения погоды [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.bigpi.biysk.ru/encicl/articles/.

2. Поляков А.В. Возможности определения температуры и излучательной способности поверхности суши по данным спутниковых ИК-зондировщиков высокого спектрального разрешения (ИКФС-2) / А.В. Поляков, Ю.М. Тимофеев, А.Б. Успенский // Исследование Земли из космоса. – 2010. – № 4. – С. 85 – 90.

3. Соловьев В.И. Определение температуры земной поверхности по данным измерений уходящего теплового излучения с геостационарных метеорологических ИСЗ / В.И. Соловьев, А.Б. Успенский, С.А. Успенский // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 3. – С. 5 – 17.

4. Becker F. Surface temperature and emissivity at various scales: Definition, measurement and related problems / F. Becker, Z. Li // Rem. Sens. Rev. – 1995. – N_{2} 12. – P. 225 – 253.

5. Li Z. Feasibility of land surface temperature and emissivity determination from AVHRR data / Z. Li, F. Becker // Rem. Sens. Env. – 1993. – № 12. – P. 225 – 253.

6. Успенский А.Б. Об оценке температуры поверхности суши по данным спутниковых измерений уходящего инфракрасного излучения в диапазоне 1065 – 1265 мкм / А.Б. Успенский // Метеорология и гидрология. – 1992. – № 10. – С. 19 – 27.

7. Температура подстилающей поверхности и воздуха [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://big-archive.ru/geography/.

8. Зубащенко Е.М. Региональная физическая география. Климаты Земли: учебно-методическое пособие. Часть 1. / Е.М. Зубащенко, В.И.

Шмыков, А.Я. Немыкин, Н.В. Полякова. – Воронеж:ВГПУ, 2007. – 183 с.

9. Обработка данных дистанционного зондирования с помощью ГИС IDRISI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://loi.sscc.ru/gis/RS/ RS&GISr/c5_2.htm.

10. Lauritson L. Data extraction and calibration of TIROS-N/NOAA radiometers / L. Lauritson, G.J. Nelson, F.W. Porto. – NOAA Tech. Memo. NESS 107. Washington, D.C.: NOAA, 1979.

11. Исследования Мирового океана средствами дистанционного зондирования [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.geogr. msu.ru/science/aero/acenter/int_sem7/tempr.htm.

12. Подстилающая поверхность [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.poluostrov-krym.com/nashkrym/factoryklymata/

13. Морские течения, динамика водных масс [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.geogr.msu.ru/science/aero/acenter/int_sem7

14. Тверской П.Н. Курс метеорологии (физика атмосферы) / П.Н. Тверской. – Л.:Гидрометеоиздат, 1962. – 700 с.

15. Зверев А.С. Синоптическая метеорология / А.С. Зверев. – Л.:Гидрометеоиздат, 1977. – 712 с.

16. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии / Л.Т.Матвеев. – Л.:Гидрометеоиздат, – 1984. – 752 с.

17. Калінін Н.А. Космічні методи досліджень в метеорології / Н.А. Калінін, Н.І. Толмачова. – Перм, 2005. – 348 с.

18. Получение космических снимков по сети Интернет / Книжников Ю.Ф., Тутубалина О.В., Чалова Е.Р., Балдина Е.А. [Електронний ресурс] // По материалам доклада, представленного на Всероссийском учебно-практическом семинаре "ГИС и Интернет". – Режим доступу: http://geo.web. ru/db/msg.html?mid=1164318&uri=text.

19. Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии "ЮгНИРО" [Електронний ресурс] // Офіційний сайт. – Режим доступу: http://www.rada.com.ua/rus/catalog/9951/.

20. Інститут біології південних морів ім. О.О. Ковалевського НАН України [Електронний ресурс] // Офіційний сайт. – Режим доступу: http:// ibss.nas.gov.ua/.

21. Одеський філіал Інституту біології південних морів ім. О.О. Ковалевського НАН України [Електронний ресурс] // Офіційний сайт. – Режим доступу: http://www.obibss.narod.ru/.

22. Морський гідрофізичний інститут НАН України [Електронний ресурс] // Офіційний сайт – Режим доступу: http://www.mhi.iuf.net/.

23. Офіційний сайт Государственного Океанариума Украины [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.oceanarium.iuf.net.

24. Бондур В.Г. Комплексный космический мониторинг прибрежных акваторий / Бондур В.Г. – М.: Научный центр проблем аэрокосмического мониторинга "АЭРОКОСМОС", 2005 – 12с.

25. Бондур В.Г. Проблемы аэрокосмического мониторинга океана / В.Г. Бондур // Исследования в области океанологии, физики атмосферы, географии, экологии, водных проблем и геокриологии / Под ред. Ю.А. Израэля. – М.:РАН, 2001. – С. 87 – 94.

26. Petrenko O.A. Impact of dredged grounds dumping on changes in composition of sea water taken from their main burial places / O.A. Petrenko– International simposium "The Black Sea ecological problems". – Odessa:SCSEIO, 2000. – P. 208 – 211.

27. Красовский Г.Я. Введение в методы космического мониторинга окружающей среды / Г.Я. Красовский, В.А. Петросов. – Харьков: Гос. аэрокосм. ун-т им. Н.Е.Жуковского (ХАИ), 1999. – 205 с.

28. Красовский Г.Я. Аэрокосмический мониторинг поверхностных вод / Г.Я. Красовский - Л.:ВНИИКАМ, 1992. - 231 с.

29. Красовский Г.Я. Вероятностные модели оценок качества поверхностных вод по данным многозональных космических съемок. Моделирование и контроль качества вод / Г.Я. Красовский // Сб. науч. тр. – Харьков:ВНИИВО, 1988.

30. Оценка параметров нефтяной пленки на морской поверхности методом многочастотного радиолокационного зондирования / [Боев А.Г., Карвицкий Г.Э., Матвеев А.Я., Цымбал В.Н.] // Радиофизика и радиоастрономия. – 1998. – Т.3. – № 1. – С. 43 – 48.

31. Заволокин Ю.В. Применение искусственных объектов при эталонировании данных дистанционной индикации качества природных вод / Ю.В. Заволокин, В.А. Крикульков, С.М. Сажин // Тр. ГосНИЦИПР. – 1984. – Вып. 17. – С. 71 – 74.

32. Крикульков В.А. Вопросы методики интерпретации многозональных космических данных для контроля физико-химического состава поверхностных вод суши / В.А. Крикульков, С.М. Сажин // Метеорология и гидрология. – 1982. – № 8. – С.47–53.

33. Шевченко Ю.А. Спектрометрические исследования водной поверхности в целях космического мониторинга поверхностных вод суши / Ю.А. Шевченко, Л.А. Шляхова // Неконтактные методы измерения океанографических параметров. – М., 1983. – С. 112 – 116.

34. Применение многозональной аэрокосмической съемки в исследованиях береговой зоны / [Ю.Ф. Книжников, В.И. Кравцова, И.А. Лабутина, О.К. Леонтьев и др.] // Береговая зона моря: Сб. ст. – М.:Наука, 1981. – С. 136 – 142.

35. Ощепков С.Л. Дистанционный контроль содержания взвешенных веществ в олиготрофных и эвтрофных водоемах по коэффициенту спектральной яркости / С.Л. Ощепков, Л.А. Шляхова // Исследование Земли из космоса. – 1986. – № 2. – С. 77 – 83.

36. Sydor M. Analysis of suspended solids in lakes using Landsat multispectral data / M. Sydor // Remote Sensing Appl. Marine Sci. and Technol. – 1983. – P. 137 – 167.

37. Sydor M. Remote sensing of particulate concentration in water / M. Sydor // Appl. Opt. $-1980. - V.19. - N_{2} 16. - P. 2774 - 2780.$

38. Kranuvachapun S. Turbidity of coastal Metermined from Landsat / S. Kranuvachapun, P.H. Le Blond // Remote Sens. Environ. -1981. - V.11. - P. 113 - 132.

39. Havis W.A. Remote sensing of ocean color / W.A. Havis, K.S. Leung // Opt. land. -1977. - V.16, No 2. -P. 158 - 166.

40. Sturm B. Selected topics of Coastal Zone Color Scanner (CZCS) data evaluation / B. Sturm // Remote Sensing Appl. Marine Sci. and Technol. – 1983. – P. 137 – 167.

41. Violler M. CZCS Data analysis in Turbid coastal water / M. Violler, B.Sturm // J. Geophys.R es. $-1984. - N_{\odot} 4. - P. 4977 - 4985.$

42. Кравец В.Н. Состояние загрязнения вод Севастопольской бухты и Южного берега Крыма в 1992-1996 гг. / В.Н. Кравец, Т.Л. Монина // Диагноз состояния экосистемы Черного моря и зоны сопряжения моря и суши: Сб. науч. тр. – Севастополь, 1997. – С. 55 – 56.

43. Автоматизация контроля качества природных и сточных вод / [Богомазов О.А., Кобылянский В.Я., Панасенко А.А., Шавлов А.Т.]. – Екатеринбург:ИПП "Урал. рабочий", 1997. – 238 с.

44. Szekiella K.H. The near coastal environment monitored from Space / K.H. Szekiella // Gas. Kernenergilvernert. Schiffahrt (Publ.). – 1977. – V.28. – P. 1-37.

45. Лозовая Г.Ф. Экотоксикологические проблемы мониторинга сточных вод фармацевтических производств / Г.Ф. Лозовая, Ф.Х. Камилов – Уфа:Гилем, 1996. – 269 с.

46. Бондур В.Г. Дистанционная индикация антропогенных воздействий на морскую среду, вызванных заглубленными стоками: моделирование, эксперименты / В.Г. Бондур, Ю.В. Гребенюк // Исследование Земли из космоса. – 2001. – № 6. – С. 49 – 67.

47. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т.IV. Черное море. Вып. 3 Современное состояние загрязнения вод Черного моря / Под ред. А.И. Симонова, А.И.Рябинина. – Севастополь:ЭКОСИ-Гидрофизика, 1996. – 230 с. 48. Брук В.В. Исследование загрязнения водных объектов взвешенными веществами по материалам космических съемок: дис. канд. техн. наук / Владимир Викторович Брук. – Харьков, 1991. – 170 с.

49. Федоровский А.Д. Оценка экологического состояния водоемов с использованием космической информации / А.Д. Федоровский, Л.А. Сиренко, В.Г. Якимчук // Космічна наука і технологія. – 1996. – Т. 2, № 5-6. – С. 103 – 106.

50. Використання космічної інформації у вирішенні водогосподарських і водоохоронних завдань / [Лялько В.І.,. Федоровський О.Д, Рябоконенко О.Д. та ін.] // Космічна наука і технологія. – 1997. – № 3/4. – С. 40 – 49.

51. Попов А.В. О распознавании объектов дистанционного зондирования при неполных априорных данных / А.В. Попов, П.Е. Ельцов // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2004. – № 2. – С. 22 – 28.

52. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания образов / К. Фукунага – М.:Наука, 1979. – 368 с.

53. Брашеван А.Н. Статистическая модель многомодовых экспериментальных данных / А.Н. Брашеван // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2003. – № 2. – С. 82 – 85.

54. Использование данных ДЗЗ для мониторинга ледовой обстановки и снежного покрова [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://mapexpert. com.ua/index ru.php? id=14&table=news.

55. Рекстер Г.Д. Изучение снежного покрова / Г.Д. Рекстер, Л.Д. Долгушин. – М., 2010. – 220 с.

56. Индексные изображения [Електронний ресурс] // Новосибирский региональный центр геоинформационных технологий при Институте Геологии и Минералогии СО РАН – Режим доступу: http://www.nrcgit.ru/as-ter/methods/ arithmetic.htm.

57. Краткий обзор программного пакета ERDAS IMAGINE 8.7. – Leica Geosystems Inc, GIS & Mapping Division, 2004. – 20 с.

58. Перспективы практического применения материалов космических съемок Земли при управлении чрезвычайными ситуациями: Матеріали Третьої Укр. наради користувачів аерокосм. інформації / Г.Я. Красовский, В.С. Готынян, В.В. Брук, Е.В. Славков. – К: 20-24 лист. 2000. – С. 117-128.

59. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. [Електронний ресурс] // Офіційний інформаційний портал. – Режим доступу: www.mns. gov.ua.

60. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» від 21 грудня 2010 року N 2818-VI // Відомості Верховної Ради України, 2011. – № 26 – С. 218.

61. Закон України "Про загальнодержавну цільову програму захисту

населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2013-2017 роки" від 7 червня 2012 року № 4909-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу http://www.golos.com.ua/Print. aspx?id=260837.

62. Kidwell K.B. NOAA polar data user's guide: NOAA NESDIS, NCDC / K.B. Kidwell – 1988. – 148 p.

63. Епихин А.В. Технология мониторинга лесных (торфяных) пожаров по данным космической схемки / А.В. Епихин, С.Г. Дорошенко [Електронний pecypc]. – Режим доступу: http://www.secuteck.ru/articles2/razr_poj_bez/tehnol_monitoring_les.

64. Гонтарь Н.И. Развитие программного обеспечения для обработки архивных данных прибора AVHRR со спутников NOAA / Н.И. Гонтарь, А.В. Хохлова. – Труды ВНИИГМИ-МЦД. – вып.170. – 2002 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.meteo.ru/publish_tr/trudy170/st19.htm.

65. NOAA KLM User's Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: - http://www.ncdc.noaa.gov/oa/pod-guide/ncdc/docs/klm/html/c7/sec7-1.htm .

66. Котельников Р.В. Применение информационной системы дистанционного мониторинга "ИСДМ-Рослесхоз" для определения пожарной опасности в лесах Российской Федерации / Котельников Р.В., Сементин В.Л., Щетинский В.Е. – Пушкино: ФГУ "Авиалесоохрана", 2007 – 82 с.

67. Вишняков В.Ю. Особливості методів визначення температурних аномалій за даними ДЗЗ MODIS (TERRA) та AVHRR (NOAA) / В.Ю. Вишняков, П.А. Ткачук. – 2012.

68. AVHRR Digital Product in SHARP level 2B format (NOAA.AVHRR. SHARP2B) [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://earth.esa.int/web/guest/data-access/products-typology/opticalmulti-spectral-radiometry/lowmedium-resolution?p_r_p_564233524_assetIdentifier=avhrr-digital-product-in-sharp-level-2b-format-1517.

Розділ 4

1. Ляпин Е.А. Базовые продукты обработки данных дистанционного зондирования Земли / Е.А. Ляпин, В.П. Саворский // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. –2012. – Т.9, № 2. – С.87-96.

2. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М. Чандра , С.К. Гош М.:Техносфера, 2008. – 312 с.

3. Кошкарев А.В. Геопорталы и карты эпохи инфраструктур пространственных данных // Материалы Междунар. конф. «ИнтерКарто-ИнтерГИС-15». – Пермь, Гент. – 2009. – Т.1. – С.242 – 246.

4. Блискавицкий А.А. Интеграция веб-приложений и реализация поисково-запросных веб-сервисов в картографической информационно-поисковой системе (КИПС) ГБЦГИ / А.А. Блискавицкий, К.Н. Марков, М.Г. Суханов – М.:Геоинформатика, 2010.

5. Комплекс требований к аппаратным и программно-технологическим платформам для построения и поддержки образовательных порталов. Сравнительный анализ существующих платформ / [Булгаков М.В., Герасимов В.В., Ижванов Ю.Л., Курмышев Н.В.] // Сб. науч. ст. "Интернетпорталы: содержание и технологии". Вып. 1. – М.:Просвещение, 2003. – С. 278 – 328.

6. Андреев С.М. Исследование современных программно-технологических платформ для проектирования геопортала / С.М. Андреев, А.С. Нечаусов, И.В. Радчук// Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Зб. наук. пр. X Міжнар. наук.-практ. конф.– Київ – Харків– Крим, 2011. – С. 454–463.

7. Олищук А.В. Разработка Web-приложений на PHP5. Профессиональная работа / А.В. Олищук. – М.:Вильямс, 2006. – 352 с.

8. Эффективное управление пространственными метаданными и геосервисами в инфраструктурах пространственных данных [Електронний ресурс] // Геоинформационный портал ГИС-Ассоциации. – Режим доступу: http://www.gisa.ru/44539.html.

9. Миронов В.В. Интернет-приложения на основе встроенных динамических моделей: идея, концепция, безопасность / В.В. Миронов, К.Э. Маликова. – Уфа:УГАТУ, 2009. – 177 с.

10. Андреєв С.М. Принципы организации геопортала на основе данных ДДЗ для управления территориальным развитием / С.М. Андреєв, Г.Я. Красовський, В.В. Радчук // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. пр. – Київ. нац. ун-т буд-ва і арх., 2008. – Вип.2. – С. 50 – 75.

11. Андрєєв С.М. Принципи організації геопорталу на основі даних ДДЗ для управління територіальним розвитком прибережно-морських територій / С.М. Андрєєв, Вит.В. Радчук // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях. Зб. наук. пр. VIII Міжнар. наук.-практ. конф.– Київ-Харків-Крим, 2009. – С. 265 – 271.

12. Андреев С.М. Принципы комплексирования картографических сервисов на страницах тематиченских геопорталов / С.М. Андреев, В.В. Радчук // Геоінформатика. – 2010. – № 2. – С. 81 – 88.

13. Технология проектирования тематических сайтов с элементами картографических сервисов / [С.М. Андреев, А.С. Нечаусов, В.В. Радчук,

Вит.В. Радчук] // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях. Зб. наук. пр. ІХ Міжнар. наук.-практ. конф.– Київ-Харків-Крим, 2010. – С. 61 – 72.

14. Аш Е.В. Геопортал как инструмент управления территориями. Kosmosnimki.ru первый отечественный прототип региональных и ведомственных геопорталов / Е.В. Аш // Управление развитием территории. – 2007. – № 4. – С. 70 – 72.

15. Геопортал как инструмент управления пространственными данными и геосервисами [Електронний ресурс] // Геоинформационный портал ГИС-Ассоциации. – Режим доступу: http://www.gisa.ru/45968.html.

16. Андрєєв С.М. Методика использования технологии Google Maps для отображения картографической информации на страницах тематических Интернет сайтов / С.М. Андрєєв, Вит.В. Радчук, І.О. Шакута // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях. Зб. наук. пр. VII Міжнар. наук.-практ. конф.–Київ-Харків-Крим, 2008.–С.136–140.

17. Андреев С.М. Сучасні технології космічного моніторингу морських акваторій та прибережних територій на прикладі Чорного моря / С.М. Андреев, Г.Я. Красовский, В.В. Радчук // Современные достижения в науке и образовании: Сб.тр. III Междунар. науч. конф. – Тель-Авив (Израиль): ХНУ, 2009. – С. 94– 96.

18. Структура банків космічних знімків ГІС управління охороною морських територіальних вод України / [С.М. Андрєєв, Г.Я. Красовський, Д.Л. Крета, В.В. Радчук, О.М. Трофимчук] // Уч. зап. Тавр. нац. ун. им. В.И. Вернадского. Сер. География. – 2010. – Т. 23 (63). – № 2. – С. 271–279.

Для нотаток					

Для нотаток					

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ"

МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ СУПУТНИКА NOAA

Під редакцією д.ф-м.н., член-кор. НАН України, проф. С.О. Довгого

Здано до склад. 04.08.2013 р. Підп. до друку 28.08.2013 р. Формат 162х230. Папір офсет. Гарнітура Times New Roman. Друк ризографічний. Ум. друк. арк. 26,97. Наклад 300 прим. Зам. № 1712/13

Коректор В. М. Лисенко

ФОП Пономаренко Є. В. Укрїна, м. Київ, вул. Мілютенко, 25, 56. індекс 02156 Свідоцтво про державну реєстрацію фізичної-особи підприємства 2 066 000 0000 021324